



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra rostlinné výroby

Diplomová práce

Vliv opylení na nasazení a produkci nažek u pohanky seté
(*Fagopyrum esculentum*)

Autor práce: Bc. Radek Nolč

Vedoucí práce: doc. Ing. Jana Pexová Kalinová, Ph.D.

České Budějovice, 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Pohanka setá je převážně hmyzosnubná rostlina, lákající mnoho druhů opylovatelů, čímž pomáhá obnovit biodiverzitu v krajině. Nejvýznamnějšími opylovateli pohanky jsou včely medonosné a pestřenky. Cílem této diplomové práce bylo zjistit vliv opylení pohanky seté včelou medonosnou a ostatními opylovateli na nasazení a konečný výnos nažek u různých odrůd pohanky seté.

Maloparcelový polní pokus se třemi odrůdami pohanky seté byl založen v oblasti Plzeňského kraje, v obci Zábělá. Před začátkem kvetení byla polovina parcel překryta sítí, která chránila rostliny před nálety hmyzu. U porostu pohanky bylo hodnoceno: výška rostlin, větvení, počet květů a květenství, objem nektaru na květech typu Thrum, doba kvetení, počet nažek, hmotnost tisíce nažek a výnos. Monitoring opylovatelů byl prováděn v době květu pohanky v 9, 10, 11, 12 a 14 hod, po dobu cca 10 min, pomocí fotografických snímků. Odběr nektaru probíhal v pěti po sobě jdoucích dnech, od 16. – 20. 7., v 9, 10 a 11 hod.

Celkem bylo na květech pohanky zaznamenáno 31 druhů hmyzu. Nejvýznamnějšími opylovateli byly včely medonosné, jejich podíl tvořil 39,7 % a pestřenky, které tvořily 37,5 %. Předpokládaný výnos byl na zakrytých rostlinách o 87 % nižší než na rostlinách hmyzu volně přístupných. Mezi odrůdami byl zjištěn rozdíl v produkci nektaru.

Klíčová slova: pohanka setá, nektar, opylovatel, včela medonosná, pestřenky

Abstract

Common buckwheat is a attracting plant for many pollinators, therefore it be helping to restore biodiversity in the landscape. The most important of pollinators of buckwheat are honeybee and hoverflies. The aim of this thesis was to find out effect of pollination of buckwheat sown with honeybees and the others pollinators on the seed-set and yield of archenes in different varieties of buckwheat.

A small-plot field experiment was established with three varieties of common buckwheat in the Pilsen Region, in the place of Zábělá. Before flowering began, half of the plots were covered with insect screens. The buckwheat stand was evaluated from the point of: plants height, number of branches, number of flowers and inflorescences on a plant, nectar volume in Thrum flowers, flowering time, number of archenes on a plant, the weight of thousand of archenes and the yield of archenes. Monitoring of pollinators was performed at the time of buckwheat flowering at 9, 10, 11, 12 and 14 hours, during 10 minutes, using photos. Nectar collection took place on five consecutive days, from 16. 7. until 20. 7., at 9, 10 and 11 hours.

Total of 31 insect species were recorded on buckwheat flowers. The most common effective pollinators of buckwheat were honeybees, (39,7 %) and hoverflies (37,5 %). The significant difference in nectar production was found among the tested buckwheat varieties. The yield of achenes on covered plants was 87 % lower than on freely accessible plants.

Keywords: buckwheat, nectar, pollinator, honeybee, hoverflies

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat především své vedoucí diplomové práce doc. Ing. Janě Pexové Kalinové, Ph.D. za pomoc a cenné rady, kterými významně přispěla ke zpracování této diplomové práce.

Obsah

Úvod.....	8
1 Literární rešerše.....	9
1.1 Původ a počátky pěstování pohanky seté	9
1.2 Botanická charakteristika	12
1.3 Reprodukční struktury	14
1.3.1 Morfologie květů.....	14
1.3.2 Kvetení	15
1.3.3 Nektar a jeho produkce	17
1.3.4 Pyl	19
1.4 Opylení	21
1.4.1 Včela medonosná	22
1.4.2 Čmeláci	24
1.4.3 Pestřenky	25
1.4.4 Úbytek opylovatelů	29
2 CÍL PRÁCE	32
3 PRAKTICKÁ ČÁST – VÝZKUM	33
3.1 Polní pokus	33
3.2 Materiál	34
3.3 Polního pokus	34
3.4 Hodnocené parametry u vybraných rostlin pohanky	36
3.5 Stanovení produkce nektaru	36
3.6 Monitoring opylovatelů.....	37
3.7 Statistické hodnocení.....	38
4 Výsledky	39
4.1 Růstové a výnosové parametry u jednotlivých porostů pohanky	39

4.2	Produkce nektaru	40
4.3	Výskyt opylovatelů.....	44
5	Diskuse.....	49
	Závěr	53
	Seznam použité literatury.....	54
	Seznam obrázků	59
	Seznam tabulek	62
	Seznam použitých zkratk.....	64
	Přílohy:	65

Úvod

Intenzifikace zemědělství a s ní spojené omezení agrobiodiverzity mají negativní dopad na rovnováhu ekosystémů po celém světě. V důsledku těchto změn dochází ke snížení rozmanitosti kvetoucích rostlin s následnými negativními účinky na opylovače. To má negativní dopad také na produkci potravin. V posledních desítkách let naštěstí dochází ke změnám, které vedou ke zmírnění těchto negativních účinků. Výzkum a ochrana krajiny se stále více zaměřují na podporu biodiverzity a na začlenění kvetoucích rostlin do zemědělské krajiny.

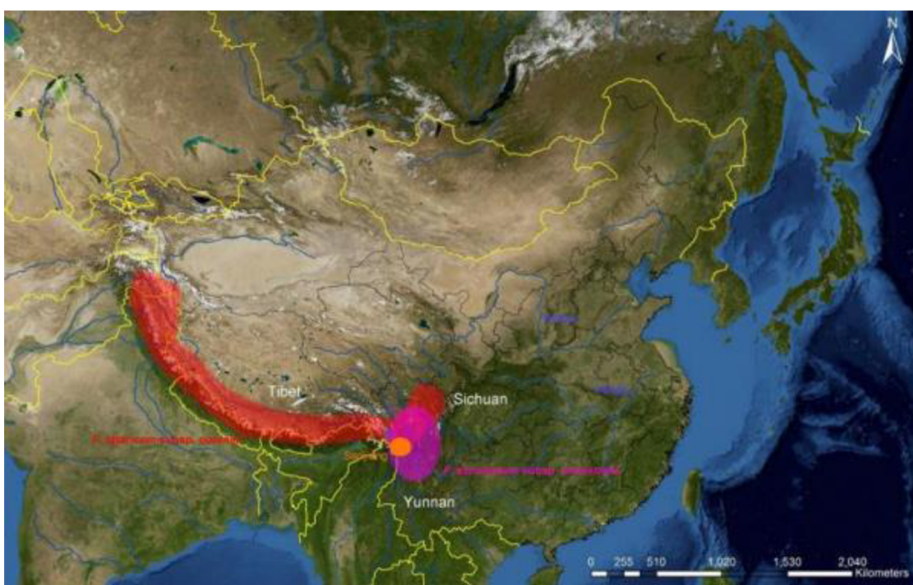
Vzhledem k souvislostem mezi výnosy plodin závislých na opylovatelích a úbytkem opylovatelů, je nutná podpora populací opylovatelů na zemědělských půdách, zejména běžných místních druhů hmyzu. Ačkoli současné úsilí o ochranu a podporu opylovatelů by mohlo být účinné, je zapotřebí dalšího úsilí k rozvoji nových přístupů vedoucích k obnově stanovišť a tím i potravinových zdrojů pro opylovače v krajině. Nejen díky tomu se stále větší pozornosti dostává i pohance.

Pohanka setá je velice nenáročná na intenzifikační vstupy. Lze tedy její pěstování využít i v oblastech s omezenými vstupy, v mezivegetačním období jako součást protierozních opatření nebo pro biopásy. Její drobné bílé květy lákají mnoho druhů hmyzu. Pohanka má slibnou budoucnost nejen pro své nutriční vlastnosti, které jsou lepší než u mnoha běžných obilovin, ale také pro možnost jejího pěstování v systému konvenčního, ale především ekologického zemědělství.

1 Literární rešerše

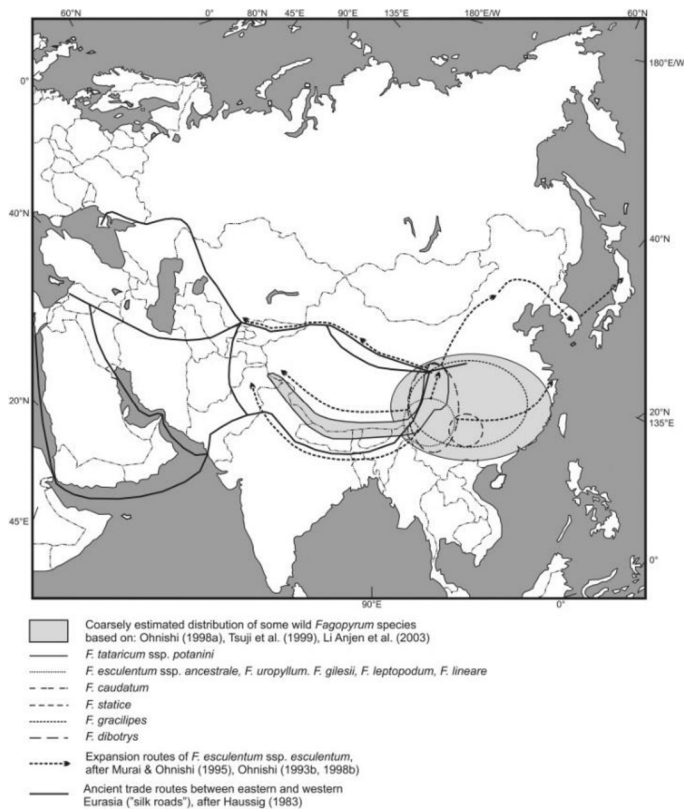
1.1 Původ a počátky pěstování pohanky seté

Pohanka (*Fagopyrum*) je rod kvetoucích rostlin, zahrnujících nejméně 15 druhů, které lze rozdělit do dvou hlavních fylogenetických skupin. Do první skupiny (*cymosum*) patří dva pěstované druhy: pohanka obecná (*F. esculentum* Moench), pohanka tatarská (*F. tataricum*) a dva divoké druhy: *F. homotropicum* Ohnishi a *F. cymosum*. Druhá skupina (*urophyllum*) zahrnuje *F. urophyllum* Gross a 11 dalších volně žijících druhů (Yamane et al., 2003). Obecně se věří, že vytrvalá pohanka je předkem jak pohanky seté, tak pohanky tatarské (obr. 1.1) (Mazza a Oomah, 2003).



Obrázek 1.1: Rozšíření divokých předků pohanky. Červená oblast představuje rozšíření předků pohanky tatarské a fialová oblast rozšíření předků pohanky obecné (Hunt et al., 2017)

Dle Hunta et al. (2017) se pohanka pěstuje téměř 6000 let v severní Číně a 4000 let v jihozápadní Číně a Tibetské náhorní plošině. Palynologické a archeologické důkazy naznačují, že pohanka byla pěstována minimálně před 4500 lety, v údolí řeky Jang-c'-ťiang. Pohanka byla pravděpodobně potravním zdrojem důležitým pro vznik tamní civilizace (Wu et Huang, 2018). Klerk et al. (2015) předpokládají, že se pěstované druhy *Fagopyrum* mohly dostat do oblastí mezi středomořskými a východočínskými říšemi už 2000 let př.n.l. (obr. 1.2).



Obrázek 1.2: Předpokládané šíření některých volně žijících druhů z rodu *Fagopyrum* (Ohnishi, 1998, Tsuji 1999, Li Anjen et al. 2003, Klerk et al., 2015)

F. cymosum, také známa jako vytrvalá (nebo vysoká) pohanka je domestikovaná rostlina používaná hojně v tradiční čínské medicíně, pro krmení zvířat i jako okrasná rostlina. Tato rostlina, závislá na opylení hmyzem, roste poblíž silnic, na okrajích obdělávaných polí nebo v blízkosti obytných oblastí Číně, Bhútánu, Nepálu, Indii, Barmě a Vietnamu (Mazza a Oomah, 2003).

F. cymosum se vyskytuje jak v diploidní, tak i v tetraploidní formě (ta převažuje). Yasui (1998), Yamane (2001) a Yamane et al. (2003) vytvořili a poté potvrdili hypotézu o polyfyletickém původu tetraploidní formy *F. cymosum*.

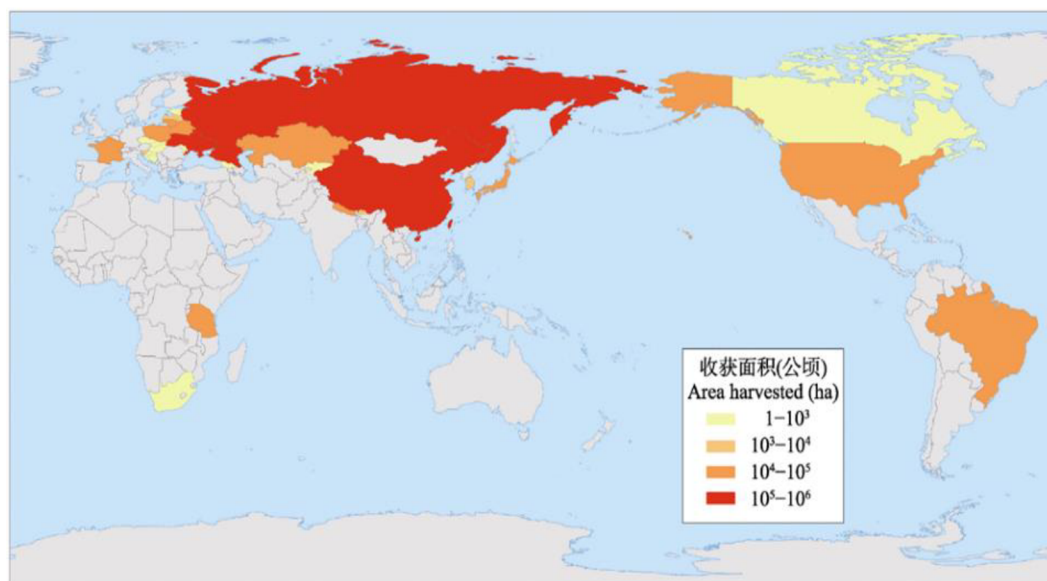
F. tataricum, známá také jako tatarka je samosprašný druh pohanky pěstovaný především v himálajské oblasti Indie a Číny, ve východní Kanadě a v horských oblastech východních Spojených států amerických. Pěstuje se pro svoji určitou mrazuvzdornost ve vyšších nadmořských výškách (Mazza a Oomah, 2003). Divoká tatarka roste v provinciích Yunnan a Sichuan v Číně, na Tibetské náhorní plošině a ve vysokých himálajských kopcích Nepálu, Indie a Pákistánu. Nažky jsou nazelenalé barvy a mají nahořklou chuť. Tatarka se tedy používá především jako krmivo, zdroj rutinu nebo jako příměs do pšeničné mouky (Yamane et al., 2003).

F. esculentum, neboli pohanka setá, je ekonomicky nejdůležitějším druhem pohanky. Představuje více než 90 % světové produkce. Původ *F. esculentum* se nachází v Himálajích (Mazza a Oomah, 2003).

Její pěstování se postupně rozšířilo do Číny a Indie a odtud dále na východ, na území Mongolska, Mandžuska a Japonska. Nejstarší archeologické objevy semen pohanky seté byly nalezeny ve skýtsko – sarmatské nádobě ze 6. až 7. století, která byla nalezena při archeologických vykopávkách u Azovského moře (Šmajstrla a Šmajstrlová – Petrová, 1991).

Do Evropy se pohanka dostala pravděpodobně při válečných nájzdech Mongolů a Tatarů. Podle archeologických nálezů se pohanka na našem území pěstovala již ve 12. stol. V 16. stol. patřila k nejoblíbenějším potravinám chudé vrstvy obyvatel. Koncem 16. stol. se pohanka z Evropy dostala také do Ameriky, kde byla důležitou plodinou při osidlování USA a Kanady. (Šmajstrla a Šmajstrlová – Petrová, 1991). V r. 1950 byly vyšlechtěny a registrovány první odrůdy. Nejstarší odrůdou je Tokio, které bylo licencováno Zemědělskou kanadskou výzkumnou stanicí v Ottawě právě r. 1955 (Mazza a Oomah, 2003).

V současnosti, navzdory dlouholetému pěstování, si pohanka stále zachovává znaky divoce rostoucích rostlin, vykazuje neustálý růst stonků, nerovnoměrné kvetení i plodnost. Zároveň ale vykazuje významnou odolnost proti chorobám i škůdcům (Jacquemart et al., 2012). Největším producentem pohanky ve světě je Rusko, představuje asi 40 % světové produkce pohanky (obr. 1.3).



Obrázek 1.3: Pěstování pohanky seté ve světě (FAO 2014), (Wu a Huang, 2018)

1.2 Botanická charakteristika

Pohanka setá (Obrázek 1.4) je jednoletá dvouděložná bylina, patřící do čeledi rdesnovitých (*Polygonaceae*) rodu *Fagopyrum*.



Obrázek 1.4: Rostlina pohanky seté (Wikimedia Commons, 2020)

Kořenový systém

Kulový málo větvený kořenový systém pohanky je tvořený poměrně malým množstvím jemných kořínků, zasahujících převážně jen mělce do půdy. Množství kořenů závisí na úrodnosti půdy, na jejím utužení, provzdušnění a vlhkosti (Campbell, 1997). Přestože většina kořenů se nachází v horní vrstvě půdy, jsou kořeny schopné odebírat živiny i z nižších vrstev půdy. Díky své schopnosti vylučovat kyselinu mravenčí, octovou, citronovou a šťavelovou, mohou kořeny z půdy přijímat těžko rozpustné formy živin N, P a K (Hagiwara et al., 1998). Díky této vlastnosti je pohanka předurčena k pěstitelským systémům se sníženými vstupy.

Lodyha

Pohanka má hlavní lodyhu přímou, stabilní, podélně rýhovanou, zelené až načervenalé barvy. Výška lodyhy se pohybuje podle odrůdy mezi 50 – 200 cm. V horní třetině se lodyha mírně větví. Obvykle se lodyha rozvětňuje do 2 – 8 větví prvního řádu, které se mohou dále větvit. Lodyha je členěna nody, jejichž počet závisí na délce vegetace,

většinou jich bývá 5 – 10 na hlavní lodyze. Výška lodyhy i větvení jsou závislé na dostatku srážek, na podmínkách prostředí i na dané odrůdě (Moudrý et al., 2005).

Listy

Pohanka, stejně jako ostatní rostliny z čeledi rdesnovitých, má tři různé typy listů, jedná se o heterofylii. První se při vzcházení rostliny objevují děložní listy. V dolní části rostliny vyrůstají pravé listy, které jsou dlouze řapíkaté, doširoka srdčité a vroubkované. V horní části rostliny vyrůstají listy krátce řapíkaté, téměř přisedlé, šípovité, vejčité kopinaté a dlouze zašpičatělé. Délka listů se pohybuje od 2 – 7 cm (výjimečně až 9 cm) a šířka od 2 – 5 cm (výjimečně až 6 cm). Listy jsou na stonku založeny střídavě a ve vodorovném držení (Moudrý et al., 2005; Cawoy et al., 2012).

Květenství

Květenství vyrůstající postupně v úžlabí listů se nazývá úžlabní lata, květy jsou v něm uspořádány v hroznech. Složené květenství je typu vrcholík. V jednom květenství bývá 7–9 květů, na rostlině bývá obvykle 500 – 1500 květů, podle odrůdy, v závislosti na podmínkách prostředí, ale i hustotě porostu (Moudrý et al., 2005). Květy jsou drobné, o velikosti mezi 5 – 10 mm, bílé až narůžovělé barvy. Každý květ kvete 1 den (Cawoy et al., 2008).

Květy

Květy jsou složeny z pěti okvětních lístků bílé, růžové, až červené barvy. V každém květu je 8 tyčinek a 1 pestík se 3 čnělkami a kulovitá blizna. Každá rostlina má květy dvojího typu: THRUM (obr. 1.5.A) s krátkými čnělkami a dlouhými tyčinkami a PIN (obr. 1.5.B) s dlouhými čnělkami a krátkými tyčinkami (Gondola a Papp, 2010).



Obrázek 1.5: Květy Thrum a Pin (Gondola a Papp, 2010)

Plody

Plody mají tvar trojboké hladké nažky, podél úhlů jemně okřídlené (obr. 1.6). Barva nažek může být šedá, světle až tmavě hnědá nebo fialově černá. Velikost nažek je závislá nejen na odrůdě, ale i na podmínkách pěstování. Pohybuje se v průměru 4,5 – 7,0 x 3,0 – 4,0 mm. Z nasazených květů se vytvoří jen 10 – 40 % nažek, někdy dokonce pouhých 5 – 10 % (Petr a Hradecká, 1997).



Obrázek 1.6: Nažky pohanky seté: (d) nezralá a (e) zralá semena (Drugmand, 2020)

Nažky se začínají tvořit ještě v době kvetení a různá stádia semen bývají současně na stejné rostlině, dokonce i na stejném květenství (Funatsuki et al., 2000).

1.3 Reprodukční struktury

1.3.1 Morfologie květů

Morfologie květů a jejich inkompatibility je u pohanky určena jediným lokusem, nazývaným S-lokus. Rostliny s krátce stylizovanými květy jsou heterozygotní (S/s), zatímco rostliny s dlouze stylizovanými květy jsou homozygotně recesivní (s/s) (Yasui et al., 2012). Pohanka je tedy dimorfní a opylení je možné pouze mezi květy různé morfologie (obr. 1.7) (Gondola a Papp, 2010).

X		mateřské gamety Thrum	
		S	s
mateřské gamety Pin	s	Ss	ss
	S	Ss	ss

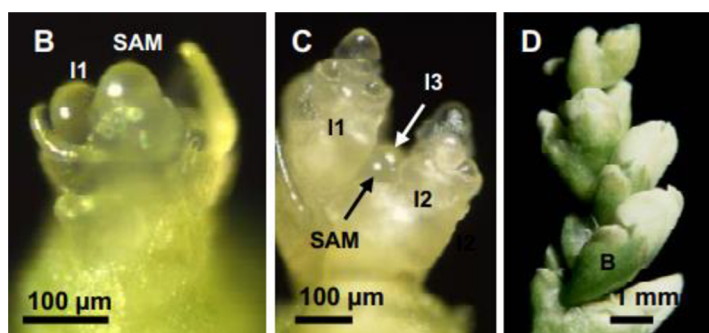
genotyp a relativní frekvence potomstva

Obrázek 1.7: SI kompatibilita u pohanky seté (Gondola a Papp, 2010)

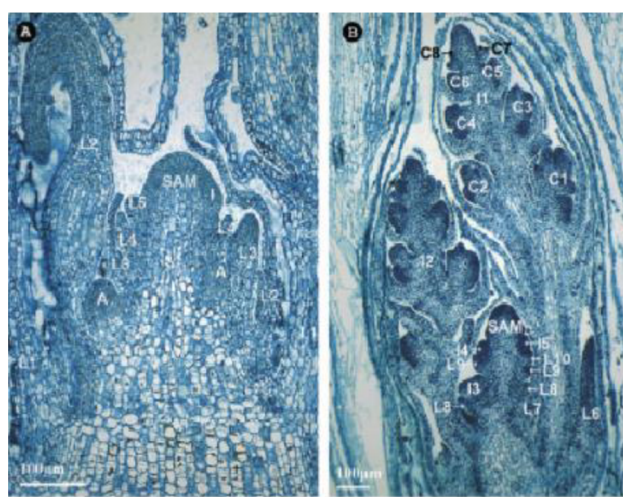
Yasui et al., (2012) identifikoval gen spojený s S-lokusem, který se nachází v rostlinách pouze u krátce stylizovaných květů. Tento gen pojmenovali S-Locus Early Flowering 3 (S-ELF3).

1.3.2 Kvetení

Kvetení začíná otevřením prvního květu. Apikální meristém (SAM) iniciuje první primordium květenství (obr. 1.8.B). Dále pokračuje v produkci listových primordií a květenství akropetálně, s jedním květenstvím na uzel, v každé ose listu. Listy postupně přisedají a zmenšují se (obr. 1.8.D). Kvetení tedy pokračuje směrem od báze k vrcholu květenství. V každém vrcholíku obaluje zelený listen (B) poupata. Maximální počet květů denně se vyskytuje asi 2–3 týdny po otevření prvního květu (Quinet et al., 2004).



Obrázek 1.8: Makroskopický pohled na růstový vrchol pohanky seté (Cawoy et al., 2009)
 B - růstový vrchol starý 12 dní, C – vrchol starý 17 dní, D - květenství před rozkvetem
 I1 – první primordium květenství, I2 – druhé květní primordium, SAM – apikální meristé, B – zelený listen



Obrázek 1.9: Histologický podélný řez růstovým vrcholem pohanky seté (A) 11 dní a (B) 18 dní starým (Quinet, 2004)

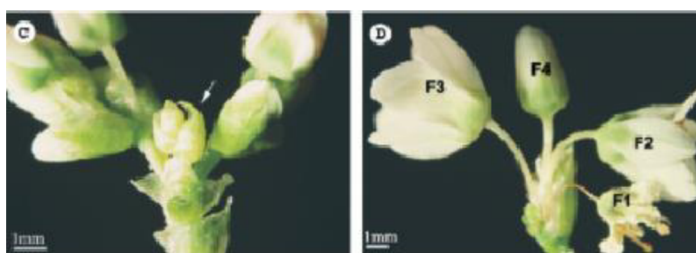
Na obrázku 1.9.A je histologický podélný řez růstovým vrcholem pohanky starým 11 dní. Je vidět pět listů (L1 až L5) a dva axilární meristémy (A). Na obrázku 1.9.B je

opět histologický podélný řez vrcholu výhonku pohanky starého 18 dní. Jsou zde viditelné čtyři listy (L6 až L10) a pět květenství (I1 až I5). Laterální květenství (C1 až C8) jdou iniciovány na dvou prvních květenstvích (Quinet et al., 2004).

Bazipetální kvetení postranních výhonků začíná již během probíhajícího akropetálního kvetení na hlavním stonku. Proto je na rostlině současně mnoho květenství v různých vývojových stádiích. Doba kvetení na úrovni rostlin je závislá na trvání aktivity reprodukčních meristémů. Morfogenetické procesy zapojené do řízení reprodukčních struktur pohanky jsou potenciálně nekonečné (Quinet et al., 2004).

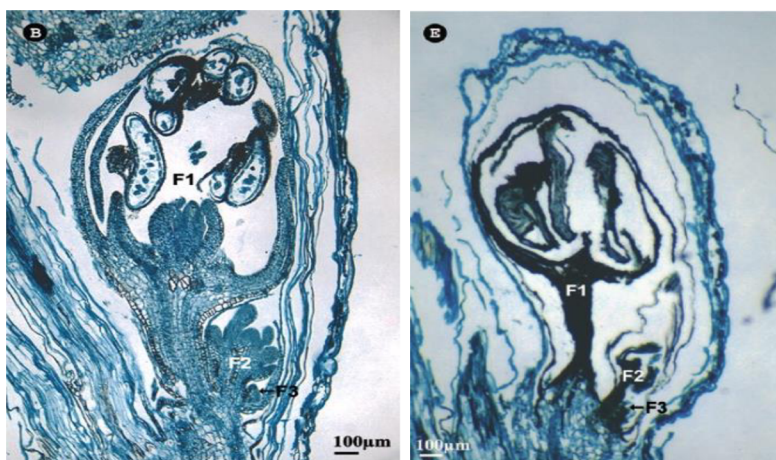
Tyto vlastnosti, včetně přítomnosti vysokých počtů současně otevřených květů na rostlinu a na den, dlouhá doba kvetení (přes 1–3 měsíce) a následně existence semen ve všech stádiích zrání na rostlinách, negativně ovlivňují výnos (Jacquemart et al., 2012).

Jakmile na hlavní ose stonku, tak i na postranních výhoncích dochází k ustávání kvetení (obr. 1.10), následuje zastavení morfogenetické aktivity apikálního meristému spolu s časným potratem posledního vytvořeného květenství.



Obrázek 1.10: Konec kvetení u květenství pohanky seté (Cawoy et al., 2009)

Na obrázku 1.11.B jsou vidět tři poslední iniciované květy (F1 až F3). Potratem některého z posledních květů se zastaví morfogeneze vrcholíků. Na obrázku 1.11.E již dochází k přerušení posledních třech květů (F1 až F3) (Quinet et al., 2004).

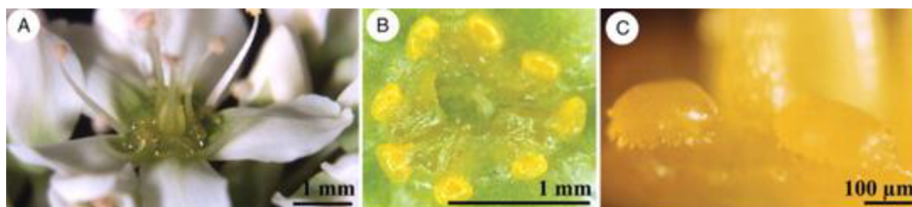


Obrázek 1.11: Histologický podélný řez posledními třemi květy pohanky seté v květenství (Quinet et al., 2004)

1.3.3 Nektar a jeho produkce

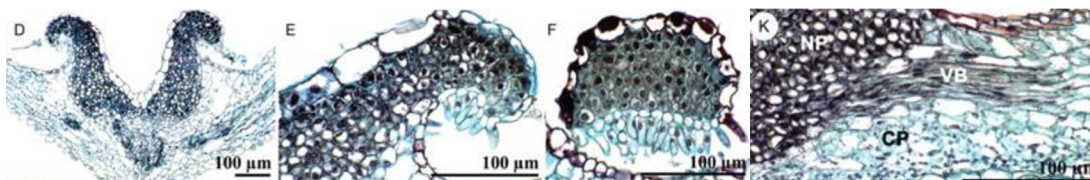
Při základně květů se nachází 8 nektarií. Tato nektaria jsou uspořádána do kruhu, mají tvar háčku a žlutou až oranžovou barvu. Nektaria vylučují nechráněný nektar.

Na reprodukční struktury působí světlo, spouští otevírání květů, což následně podmiňuje sekreci nektaru a zároveň stimuluje fotosyntetickou aktivitu, která reguluje akumulaci nektaru v otevřených květech (Cawoy et al., 2008). Sekrece nektaru tedy začíná otevřením květního obalu. Kapky nektaru se hromadí v nádobce proti nektariím (obr. 1.12.A). Hákovitá nektaria (obr. 1.12.B) jsou tvořena ze specializovaného vícevrstvého nektarového parenchymu, pokrytého modifikovanou jednovrstvou epidermis (obr. 1.13.D). Nektar je vylučován prostřednictvím epidermálních jednobuněčných trichomů (obr. 1.12.C), umístěných ve ventrální části nektarií (Cawoy et al., 2008).



Obrázek 1.12: Morfologie nektarových tkání A) pohled na květu typu Thrum, B) pohled shora na 8 žlutých nektarií, C) makroskopický pohled na nektaria s trichomy (Cawoy et al., 2008)

Nektarový parenchym je zásobován vodou a živinami cévními svazky (obr. 1.13), napojených na cévní systém ostatních květních orgánů. Subnektární parenchym je tvořen podložní tkání s parenchymem s chloroplasty (Cawoy et al., 2009).

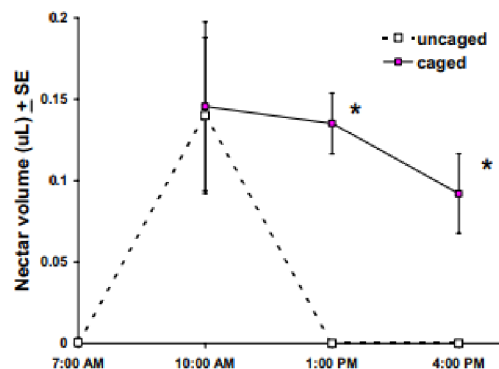


Obrázek 1.13: Histologie nektarových tkání pohanky seté D) podélný řez hákovitými nektarií, E) podélný řez nektariem s epidermis z jednobuněčných sekrečních trichomů, F) příčný řez nektariem s trichomy po celé šířce ventrální plochy nektaria, K) podélný řez květu s cévním svazkem (VB), subnektarovým parenchymem (CP) a nektarovým parenchymem (NP) (Cawoy et al., 2008)

Faktory ovlivňující produkci nektaru

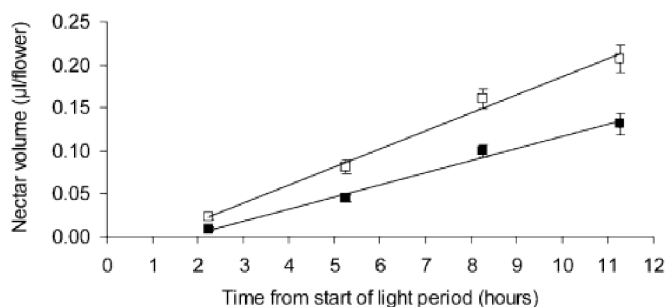
Ačkoli jsou morfologicky totožné, produkují Thrum květy až o 30 % více nektaru než květy typu Pin. Na poli se průměrná produkce nektaru v plném květu pohybuje mezi 0,08 – 0,10 mg nektaru na květ. V kontrolovaných podmínkách produkuje květ kolem 0,16 μ l nektaru na květ po 10 hodinách sekrece (Cawoy et al., 2006).

Objem nektaru se během dne mění. U květů pohanky se nektar začíná vylučovat brzy ráno a kulminuje mezi 9–14 hod, poté ustává (Campbell et al., 2016).



Obrázek 1.14: Produkce nektaru pohanky seté v závislosti na čase po začátku svícení v růstových komorách. Hvězdičky označují významné rozdíly mezi rostlinami hmyzu volně přístupnými a rostlinami v klecích. (Lee a Heimpel, 2004)

Lee a Heimpel (2004) extrahovali nektar z květů pohanky z rostlin volně přístupných a rostlin chráněných proti hmyzu. Na obr. 1.14 je patrný nárůst produkce nektaru v dopoledních hodinách s maximem v 10 hod. Na obr. 1.15 je zaznamenaný lineární nárůst objemu nektaru během hodin po začátku svícení. (Cawoy et al., 2006).



Obrázek 1.15: Produkce nektaru pohanky v závislosti na čase po začátku svícení v růstových komorách Bílé čtverečky – nektar z květů typu Thrum, černé čtverečky – nektar z květů typu Pin (Cawoy et al., 2006)

Dalším významným faktorem ovlivňujícím produkci nektaru je množství světla. Při ideálních podmínkách je produkce nektaru stabilní, při přechodu ze světla do tmy se produkce nektaru zastavuje. Naopak při zdvojnásobení množství světla se zvýší produkce nektaru o 41 % (Cawoy et al., 2007). Sekrece nektaru se tedy zdá být závislá na fotosyntéze, přesto po úplné defoliaci, sekrece nektaru přetrvává a nektar je stále vysoce cukernatý. Fotosyntéza tedy může probíhat i v jiných částech rostliny, jako jsou stopky květenství, listy vrcholíku a hlavním stonku (Cawoy et al., 2009).

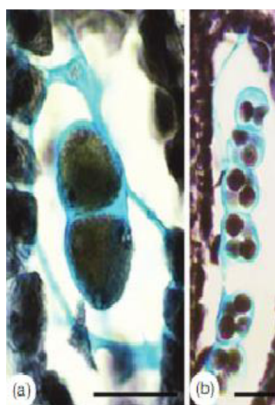
Dále je produkce nektaru závislá na vlhkosti půdy, stáří rostlin, na poloze květenství (nejvyšší je v horních květenstvích), či biologické charakteristice daného kultivaru. Tetraploidní kultivary produkují o 30 % - 40 % více nektaru, než diploidní kultivary (Cawoy et al., 2009).

Složení nektaru

Nektar se skládá ze sacharózy, fruktózy a glukózy. Hlavními složkami jsou dvě hexózy: fruktóza a glukóza, které tvoří 85 % pohankového nektaru (Cawoy et al., 2009). Hlavním cukrem je fruktóza, tvořící na vrcholu kvetení 50 % cukerných složek (Lee a Heimpel, 2003). Dle Lee a Heimpela (2003) se koncentrace cukru během dne mění. Brzy ráno je nejvyšší 34 %, v poledne je to již méně než 10 %. Jiní autoři uvádí koncentraci celkového cukru od 36 % do 51 % v polních a 55 % v kontrolovaných podmínkách (Racys a Montviliene, 2005).

1.3.4 Pyl

Pylová zrna vznikají v prašnicích. Mikrosporocyty (obr. 1.16.a) jsou diploidní mateřské buňky mikrospor nacházející se v prašnicích, v prašných pouzdrech obklopených čtyřmi buněčnými vrstvami. Mikrosporocyty sekretují unikátní buněčnou stěnu sestávající z β -1,3-glukanu a kalózy. Během dvou meiotických dělení se rozdělí ve čtyři haploidní mikrospory tvořící tetradu (obr. 1.16.b).



Obrázek 1.16: Mikrosporogeneze pohanky seté. (a) mikrosporocyty, (b) pylová tetráda (Slomka et al., 2017)

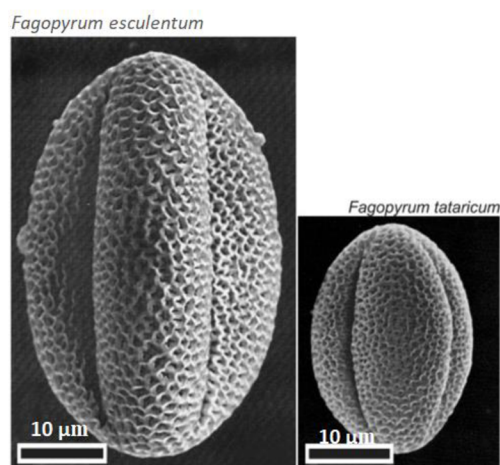
II. meiotické dělení mikrosporocytů pokračuje syntézou kalózových stěn mezi jednotlivými mikrosporami v tetradě. Během zrání dochází k diferenciaci dvojjaderných polárních sekrečních buněk, postrádajících primární buněčnou stěnu. Mikrospory s jádrem umístěným u stěny podstupují výrazně asymetrické dělení, I. haploidní (pylovou)

mitózu (PMI). Výsledkem jsou dvě značně nestejně buňky, větší vegetativní buňka s laločným jádrem a menší generativní buňka, která je zanořena do cytoplazmy vegetativní buňky. Pylové zrno se tak stává dvoubuněčné, kde obě buňky jsou haploidní. Závěrečnou fází dozrávání pylového zrna je jeho dehydratace. Generativní buňka prochází dalším mitotickým dělením, II haploidní (pylové) mitóza (PMII). Na jejím konci jsou dvě samčí gamety (spermatické buňky). Zralý pyl pohanky je tedy trojjaderný, sestává z buňky vegetativní (šipka na obr. 1.17) a dvou buněk spermatických (menší šipky na obr. 1.17.) (Honys a Honysová, 2018).



Obrázek 1.17: Trojjaderné pylové zrno pohanky seté (Slomka et al., 2017)

Zralá pylová zrna pohanky mají sférický nebo elipsoidní tvar. Velikost pylu je mezi 25–72 μm x 17 – 46 μm . Pylová zrna jsou podélně rýhovaná, se třemi štěrbinami. Vnější obal je zrnitý, variabilní jak tvarem (hranatý, nehranatý, více či méně členitý), tak i velikostí. Pylová zrna z květů *Fagopyrum esculentum* typu Thrum jsou větší, než z Pín květů v poměru 1,03:1,60 (Bryndza et al., 2015).



Obrázek 1.18: Pylová zrna pohanky seté (vlevo) a tatarské (vpravo) (Klerk et al., 2015)

Wu et al. (2018) srovnávali pyl *F. esculentum* a *F. tataricum* (obr. 1.18). Pro testování rozdílů zkoumali čtyři květinové znaky: výšku blizny (stigma) a prašníku, vzdálenost mezi stigma a prašníkem a délku podélné osy, jako průměr pylového zrna (tab. 1.1). U *F. esculentum* byl dlouhočnělečného květu výrazně menší než u krátkočnělečného, ale lišil se i průměr pylu mezi *F. tataricum* a *F. esculentum*.

Autogamní pyl představoval největší podíl stigmatického pylového zatížení u obou druhů, ale podíl tohoto pylu byl nižší u pohanky seté než u pohanky tatarské. Pokud ale bylo vyloučeno samoopylení v rámci květu, kompatibilní pyl překročil na stigmatě zastoupení pylu nekompatibilního. Heterostylie tedy podporují kompatibilní opylení (Björkman et al., 1995; Wu et al., 2018).

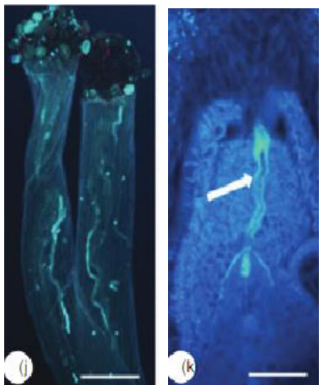
Tabulka 1.1: Významné rozdíly v morfologii květu mezi pohankou setou a tatarskou (Wu et al., 2018)

Květinový rys	<i>Fagopyrum esculentum</i>		<i>F. tataricum</i>	df	F
	L-morf	S-morf	Homostyly		
Průměr koruny (mm)	7,48 ± 0,14 ^b	7,82 ± 0,08 ^a	3,11 ± 0,05 ^c	2, 87	778.993
Výška stigmatu (mm)	3,80 ± 0,06 ^a	2,29 ± 0,04 ^b	1,58 ± 0,03 ^c	2, 87	791.168
Výška prašníku (mm)	2,51 ± 0,05 ^b	4,10 ± 0,05 ^a	1,57 ± 0,03 ^c	2, 87	580.460
Vzdálenost stigma–prašník (mm)	1,29 ± 0,04 ^b	1,80 ± 0,04 ^a	0,08 ± 0,01 ^c	2, 87	714.141
Průměr pylu (μm)	36,48 ± 0,48 ^c	49,33 ± 0,76 hod. ^a	40,08 ± 0,68 ^b	2, 57	103.175

1.4 Opylení

K opylení dochází v momentu dosednutí kompatibilního pylového zrna na povrch blizny. Při aktivaci pylu (obr. 1.19.j) dochází v prvé řadě k rehydrataci pylového zrna, v oblasti klíčního póru se objeví špička pylové láčky. Důležitým procesem během rehydratace je formování velkého množství váčků, lipidových kapének a vakuol. Dále dochází ke zvýšení respirační aktivity mitochondrií. Trojjaderný pyl pohanky se vyznačuje přítomností vysoce organizovaných mitochondrií, které se v průběhu aktivní fáze adaptují bez dalších morfologických změn. Pro vyklíčení pylu jsou nezbytná aktinová filamenta, která jsou v aktivovaném pylu uspořádána směrem k místu vypuštění budoucí pylové láčky.

Úkolem pylové láčky je prorůst vodivými pletivy čnělky až k semeníku, kde po povrchu septa doroste až k vajíčku (obr. 1.19.k). Do vajíčka vnikne klovým otvorem a je naváděna až k samičímu gametofytu, kde kontrolovaně pukne a uvolní obě samčí gamety pro vlastní dvojí oplodnění (Honys, 2018).



Obrázek 1.19: Klíčící pyl na stigmatu pohanky, pyl uvnitř trubky (j) a uvnitř vajíčka (k – šipka) (Slomka et al., 2017)

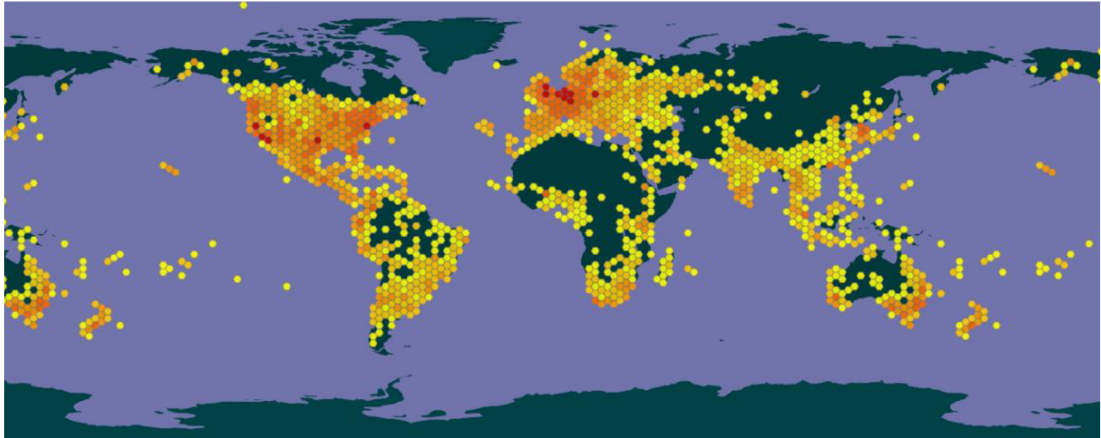
Přenos pylu

K přenosu pylu může dojít i pomocí větru, vody nebo živočichů. Nejvýznamnější úlohu z nich hraje hmyz. Rostliny poskytují opylovatelům pyl nebo nektar a opylovatelé přenášejí jejich pyl na jiné rostliny téhož druhu, čímž umožňují jejich opylení. 88 % všech kvetoucích rostlin je opylováno hmyzem a 75 % druhů plodin je závislých na opylení. Za nejdůležitější opylovatele jsou považovány včely, čmeláci a pestřenky, kteří tak vytvářejí potravní základnu pro všechny živočichy na Zemi, včetně lidí (Real, 2012; Doyle et al., 2020).

1.4.1 Včela medonosná

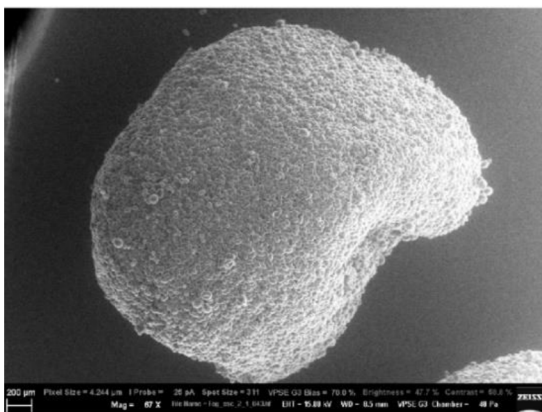
Včela medonosná (*Apis mellifera*) je nejvýznamnějším opylovatelům kulturních entomofilních rostlin, ale také divokých entomofilních rostlin, u kterých nejde o zvyšování výnosů, ale o jejich udržení v přírodě. Zároveň je včela medonosná významným indikátorovým organismem pro hodnocení stavu životního prostředí.

Česká republika patří mezi státy s nejvyšší hustotou včelstev v porovnání s evropskými i mimoevropskými státy (Ptáček, 2003). Její výskyt je ale běžný téměř po celém světě (obr.1.20), nejhojnější je v Evropě a Severní Americe (Reckaus, 2017).



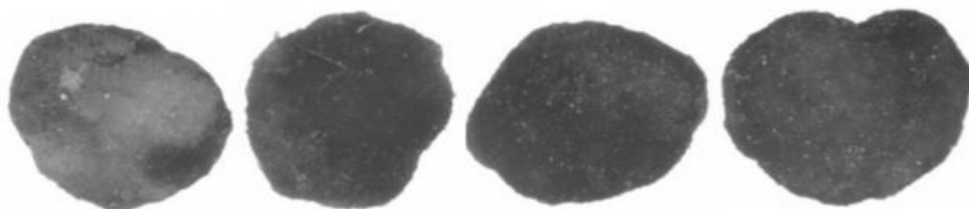
Obrázek 1.20: Výskyt včely medonosné mezi roky 2000–2020 (GBIF, 2022)

Na opylení včelami závisí 84 % druhů rostlin a 76 % produkce potravin. V EU se odhaduje ekonomický přínos včel v hodnotě 14,2 miliard eur ročně ve světovém měřítku je to 800 miliard USD ročně (Hosnedlová, 2018). Včela prolézá květem kolem tyčinek nebo přímo po prašnicích a sbírá pyl, který se jí ukládá v chloupkách na třetím páru nohou ve formě tzv. roušek. Pro vytvoření jednoho páru roušek musí včela obletět asi 80 květů. Včela medonosná při sběru pylu a nektaru navštívuje oba typy květů pohanky a její průzkumové chování tak umožňuje snazší přenos pylových zrn a opylení a její vliv na opylení je tak nenahraditelný. Včely létají především během teplých slunečných dnů a během vrcholu kvetení, kdy navštíví průměrně 14–20 květů za minutu (Cawoy et al., 2006). Včelí dělnice sbírající pyl ho samy nejedí, protože při shánění potravy přestávají produkovat proteolytické enzymy nezbytné k jeho trávení. Včelí pyl je zdrojem bílkovin pro úl, nektar je zase zdrojem glycidů. Včelí pyl (perga) je nezbytný pro odchov larev, ale slouží také jako potrava pro ostatní včely v úlu. Včelí pyl (obr. 1.21) se od pylu na rostlině liší, protože sekrece včely medonosné indukují fermentační proces, při kterém biochemické transformace rozkládají stěny zrn pylu a činí jej tak snadněji dostupnějším (Gerstmeier a Miltenbergr, 2020; Veselý, 2003).



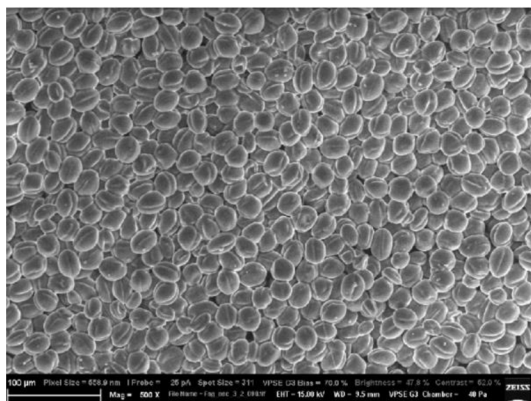
Obrázek 1.21: Včelí pyl pohanky seté (Bryndza et al., 2015)

Bryndza et al. (2015) studovali rozdíly u včelího pylu z *F. esculentum*. Včelí pyl pohanky vytvořený včelou je jiný než pyl na rostlině. Liší se nejen tvarem, ale i velikostí (obr. 1.22). Průměrná hmotnost včelího pylu byla 5,47 – 10,04 mg, výška 2,62 – 3,05 mm a šířka 2,62 – 3,05 mm.



Obrázek 1.22: Variabilita tvaru včelího pylu pohanky seté (Bryndza et al., 2015)

Včelou vytvořený pyl pohanky vykazuje vysokou hladinu monoflorálních pylových zrn (obr. 1.23)



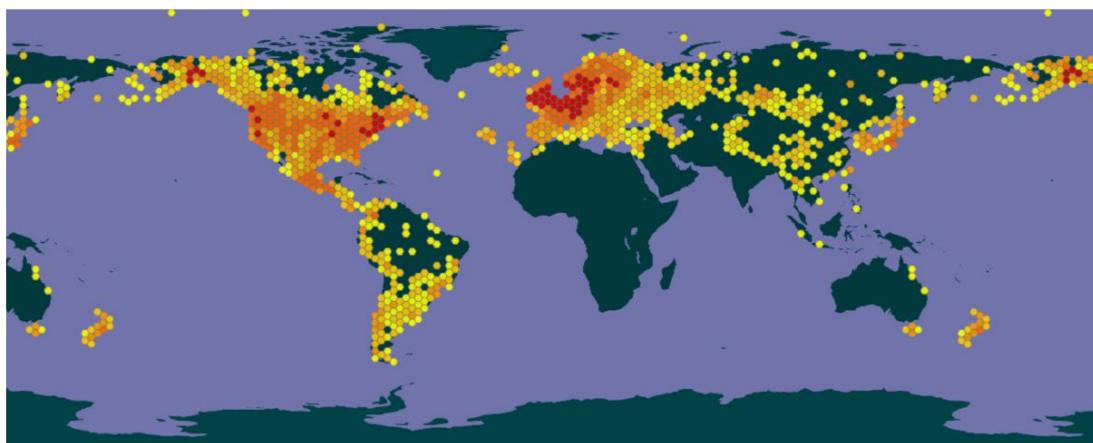
Obrázek 1.23: Homogenita pylových zrn pohanky seté (Bryndza et al., 2015)

1.4.2 Čmeláci

Čmeláci (*Bombus*) patří mezi běžné druhy opylovatelů. Existuje více než 250 druhů. Četnější výskyt čmeláků je na severní polokouli, ale vyskytují se i v Jižní Americe (obr. 1.24). Na jaře oplozené královny vyletí z podzemního zimoviště a hledají nové hnízdiště v zemi, ve starém myším hnízdě, ve škvírách skal, budov, v suché trávě apod. Královny sbírají nektar pro doplnění energetických zásob a poté sbírají pyl potřebný pro rozvoj vaječníků. Královna klade vajíčka, která vyhřívá na 30 °C. Po vylíhnutí vajíček, krmí čmeláci své larvy pylem (zdroj bílkovin) a nektarem (zdroj sacharidů). Královna během léta produkuje několik generací, které pomáhají sbírat pyl a nektar a vychovávají poslední generaci kolonie, královny pro příští rok a samce, kteří je mohou oplodnit. Koncem podzimu kolonie vymírá (Ptáček, 2013).

Čmeláci, jakožto eusociální opylovatelé mají pružnější, ale i delší období aktivity, které trvá několik měsíců (Ghisbain, 2021). Některé druhy s krátkým jazykem však dokážou do dlouhých květů vykousat otvor a nektar extrahovat. Různé druhy čmeláků se liší mimo jiné i délkou jazyka, uzpůsobeného různým druhům květů, které navštěvují. Důležitými opylovateli jsou čmeláci také proto, že jejich typické bzučení, které vzniká vibrací křídlových svalů, pomáhá uvolnit pylová zrna z prašníků. V posledních letech čmeláků ubývá, některé druhy zřejmě vyhynuly úplně. Jsou ohroženi lidskou činností, jako je fragmentace stanovišť, používání pesticidů, ztráta květinových zdrojů apod. (Koch et al., 2012). Dalším pravděpodobným faktorem úbytku čmeláků je globální oteplování. Jejich obzvláště chlupaté tělo vykazuje dobrou odolnost vůči chladnému počasí, včetně oblastí, kde je půda většinu roku zmrzlá. Naopak tepelný stres má na čmeláky dramatický dopad. (Ghisbain, 2021).

Jejich relativně snadný chov a schopnost opylovat rostliny ve sklenících, vedla k rozvoji komerčního využití několika druhů čmeláků. Příkladem jsou od r. 1987 v Evropě masově produkované kolonie *Bombus terrestris* pro skleníkové opylení. Tito čmeláci se však žijí i mimo skleníky, a přenesli nové nemoci na původní, domorodé druhy čmeláků. Dalším specifickým rizikem je kompetitivní vysídlení divokých čmeláků a introgrese genů (Dafni et al., 2010; Koch et al., 2012). Podle Chandlera et al. (2019), není dostatek spolehlivých důkazů, že používání léčeného *Bombus terrestris* v Evropě je škodlivé pro volně žijící populace čmeláků.

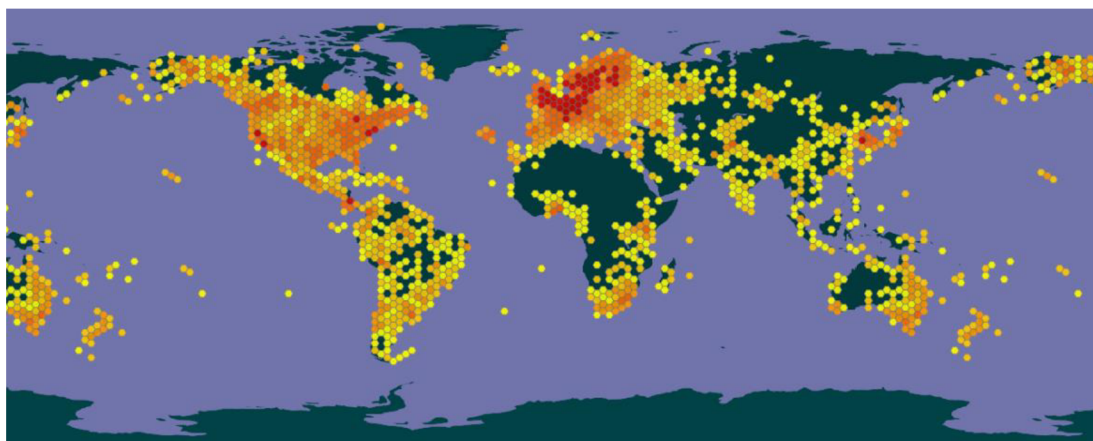


Obrázek 1.24: Výskyt čmeláků mezi roky 2000–2020 (GBIF, 2022)

1.4.3 Pestřenky

Pestřenky jsou příslušníci dvoukřídlého hmyzu vyskytují se na všech kontinentech kromě Antarktidy a vzdálených oceánských ostrovů (obr. 1.25). Pestřenky tvoří tři

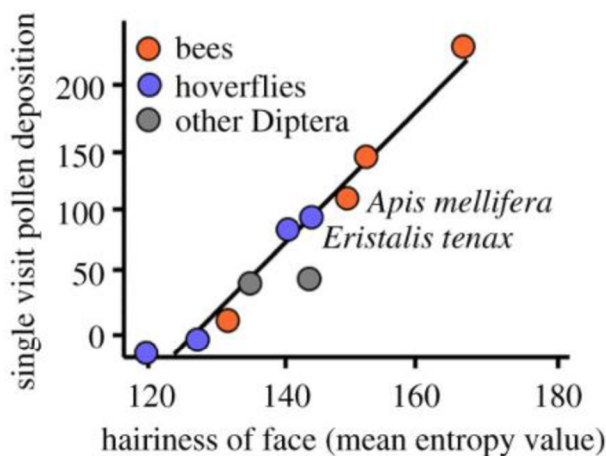
podčeledi: *Syrphinae* (tvořené kolem 1800 druhů), *Eristalinae* (tvořené kolem 3800 druhů) a *Microdontinae* (přibližně 400 druhů).



Obrázek 1.25: Výskyt pestřenkovitých mezi roky 2000–2020 (GBIF, 2022)

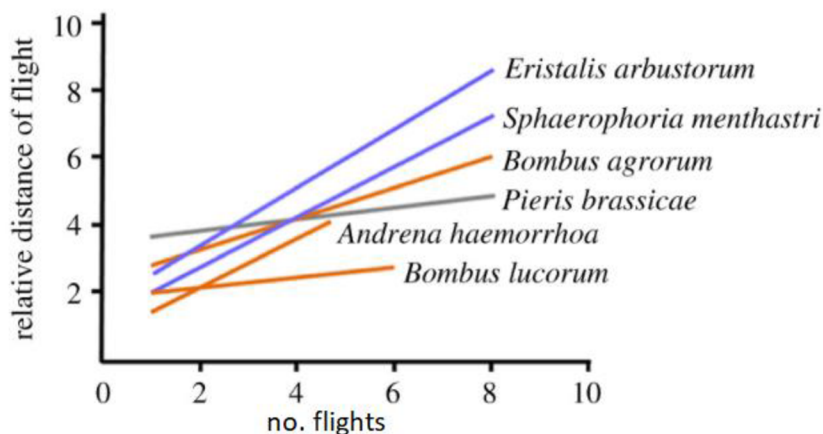
Z hlediska opylování jsou zvláště důležití zástupci podčeledi *Syrphinae* a *Eristalinae*. Patří po včelách a čmelácích k významným opylovatelům a řadí se tak mezi hospodářsky významné a pro člověka užitečné zástupce hmyzu. Dospělci pestřenek se živí pylem a nektarem rostlin. Larvy některých druhů jsou dravé a živí se obrovským množstvím mšic a dalším drobným na rostlinách parazitujícím hmyzem, jiné druhy se živí rozpadajícími se rostlinnými i živočišnými zbytky v půdě či ve vodě a poskytují tak důležité doplňkové ekosystémové služby (Kaffková et al., 2019; Doyle et al. 2020).

Účinnost opylovatelů může být ovlivněna velikostí a morfologií květu. Tyto vlastnosti jsou určeny hloubkou, ve které se mohou pestřenky krmit nektarem a množstvím pylu, které mohou na svém těle přenášet. Dobrým prediktorem pylové zátěže a účinnosti opylení je chlupatost, a to na základě počtu pylových zrn uložených na stigma při jedné návštěvě. Relativní účinnost z hlediska ukládání pylu se však liší v závislosti na druhu rostliny. Na obr. 1.26 jsou patrné vztahy mezi chlupatostí a ukládáním pylu při jedné návštěvě, zdůrazňující srovnatelnou účinnost včely medonosné (*Apis mellifera*) a pestřenky trubcové (*Eristalis tenax*) (Doyle et al., 2020).



Obrázek 1.26: Vztahy mezi chlupatostí a ukládáním pylu při jedné návštěvě u pestřenek (modře), včel (oranžově) a jiných dvoukřídlých (šedě) (Doyle et al., 2020)

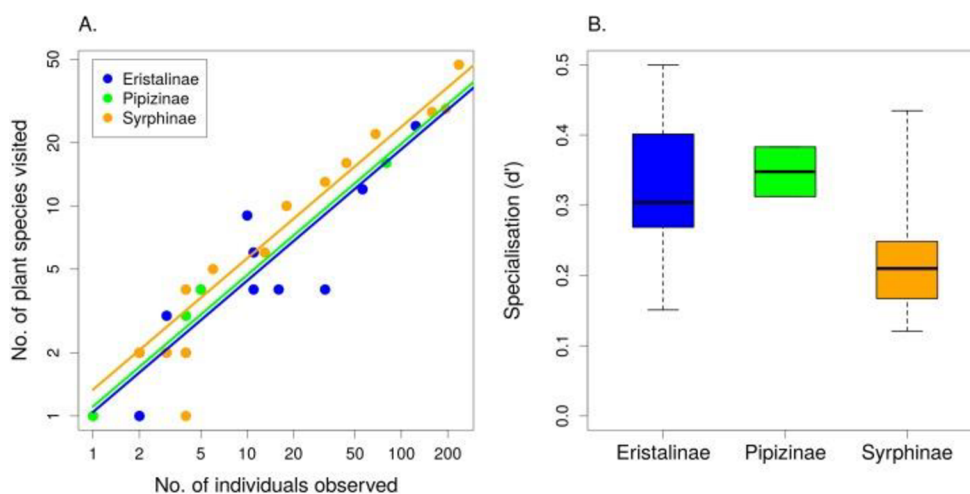
Přestože efektivita přenosu pylu u dvoukřídlých není tak velká jako u blanokřídlých, vyvažují plně tento nedostatek počtem návštěv na květech. Dalším důležitým faktorem je jejich schopnost při hledání potravy přenášet pyl na delší vzdálenost (obr. 1.27), než včely, které jsou omezeny vzdáleností, obvykle 1–2 km od úlu. V agroekosystémech a jejich okolí výskyt pestřenek často mnohonásobně převyšuje počet včel, což může kompenzovat nižší účinnost opylení (Doyle et al., 2020).



Obrázek 1.27: Potravní vzdálenost a počet letů pestřenek (modře), blanokřídlých (oranžově) a motýlů (šedě) (Doyle et al., 2020)

Mnoho druhů pestřenek je migrujících, ty jsou schopny přepravovat pyl na vzdálenosti větší než 100 km, a to i nad otevřenou vodou. Pylová zátěž migrujících pestřenek je sice nižší, ale přesto mohou nést miliardy pylových zrn. Tento pyl může zůstat životaschopný až 2 dny, během kterých je pestřenky mohou přepravit na dlouhé vzdálenosti a zajistit tím tok genů mezi rostlinnými populacemi, což příznivě ovlivňuje zdraví populace rostlin i výnos (Doyle et al., 2020).

Klecka et al. (2018) zjistili, že návštěvnost květů pestřenkami se vyznačovala proměnlivým stupněm specializace na druhové úrovni. Mezi třemi podčeleděmi pestřenek existoval rozdíl ve specializaci i v preferencích květin (obr. 1.28.A).

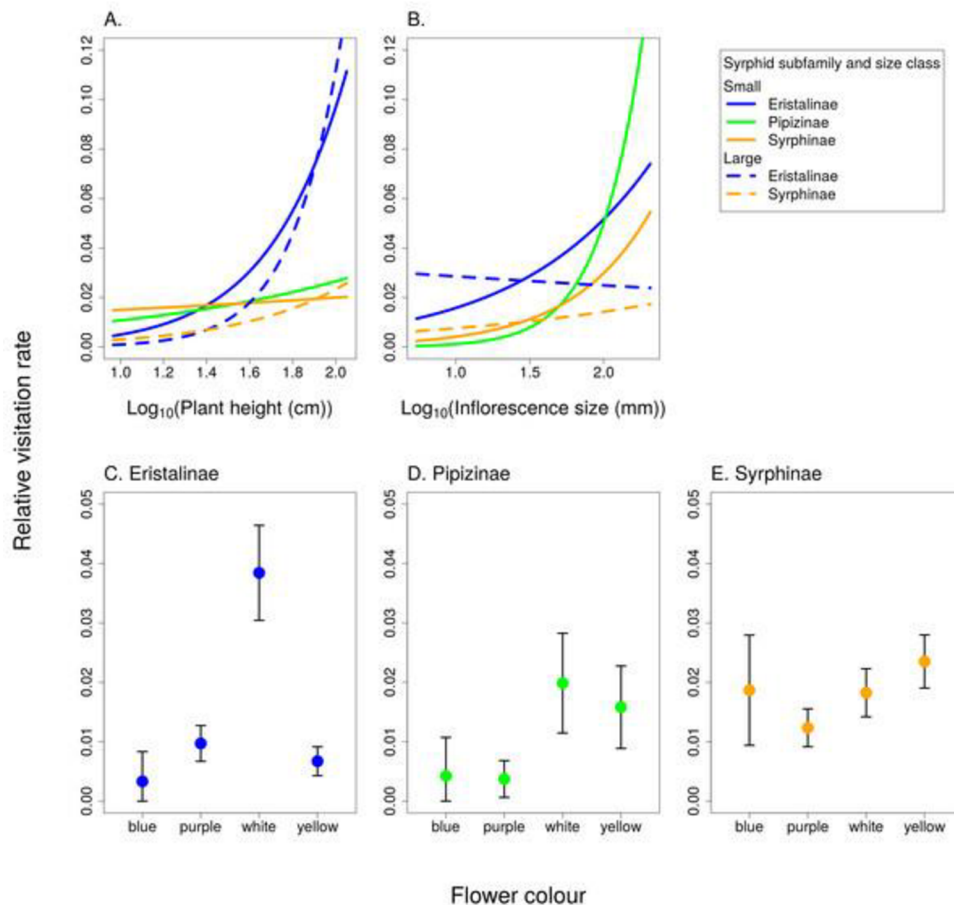


Obrázek 1.28: Úroveň potravinové specializace pestřenek (Klecka et al., 2018)

Odchytky kolem regresní line na obr. 1.28.A ukazují, že druhy pod linií byly specializovanější, než se očekávalo. Druhy nad linií byly obecnější. *Eristalinae* a *Pipizinae* byly specializovanější než *Syrphinae* (obr. 1.28.B).

Relativní návštěvnost rostlin jednotlivými druhy pestřenek se významně zvyšovala s výškou rostliny (obr. 1.29.A). Konkrétně se také relativní návštěvnost zvyšovala s velikostí květenství u malých druhů pestřenek a byla nezávislá u velkých druhů pestřenek (obr. 1.29.B). Významný vliv na návštěvy pestřenek měla také barva květů. *Eristalinae* navštěvovaly především květy bílé barvy (obr. 1.29.C), *Pipizinae* květy žluté a bílé barvy (obr. 1.29.D). *Syrphinae* vykazovaly jen malé rozdíly v návštěvě květů různých barev (obr. 1.29.E).

Celkově tedy byly pestřenkami nejnavštěvovanější rostliny se žlutými květy (37,7 % návštěv), s bílými květy (31,3 % návštěv) a s fialovými květy (26,1 % návštěv). Zatímco návštěvy modrých květů byly nejméně časté (4,9 % návštěv).

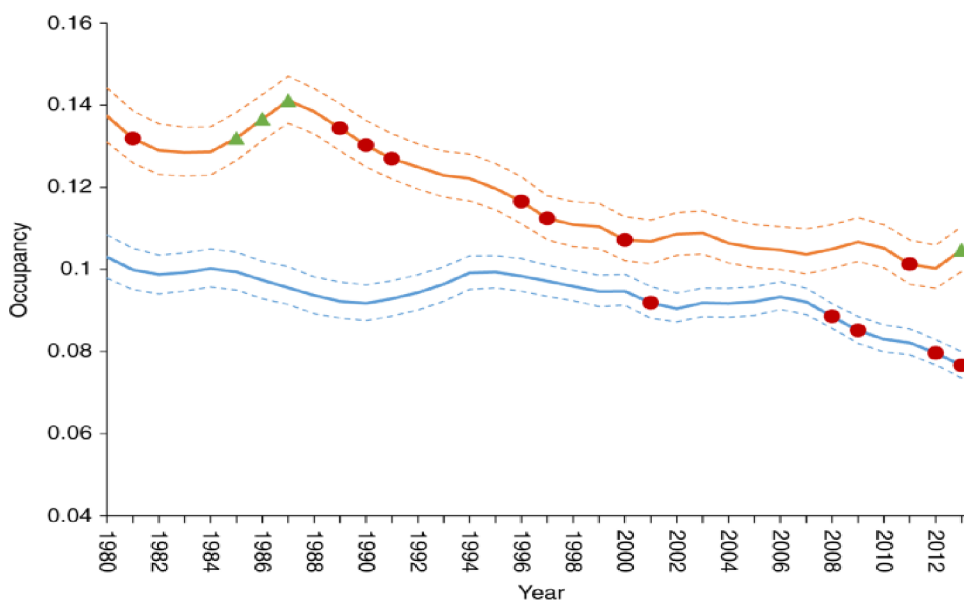


Obrázek 1.29: Vliv druhových znaků květů na návštěvu pestřenek (Klečka et al., 2018)

1.4.4 Úbytek opylovatelů

V posledních desetiletích bohužel dochází k úbytku opylovatelů díky intenzifikaci zemědělství a s tím spojené ztráty stanovišť, používání pesticidů, změna klimatu, zavlečení nových druhů atd. (Powney et al. 2019; Veselý, 2003).

Podle studie ve Velké Británii v letech 1980–2013 se ukazuje, že třetina (33 %) volně žijících opylovatelů se v tomto období snížila, přibližně desetina se zvýšila, zbývající druhy nevykazovaly žádný jasný trend. To odpovídá ztrátě více než 2,7 milionu opylovatelů pro celou Velkou Británii. Ačkoli poklesla většina druhů včelovitých, např. samotářské včely o 32 %, nebylo tomu tak u všech druhů. U čmeláků se průměrná obsazenost zvýšila o 38 %. Tyto rostoucí trendy lze připsat rozsáhlému provádění agroenvironmentálních opatření na podporu čmeláků v systémech zemědělství. Úbytek vykazovaly zejména horské druhy (55 %) (Powney et al., 2019).



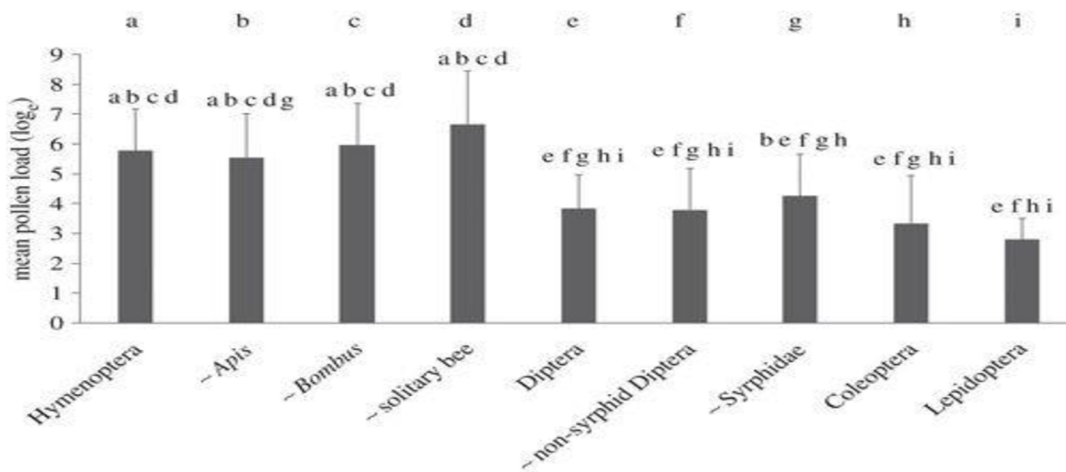
Obrázek 1.30: Změny ve výskytu (95 % interval spolehlivosti) mezi hlavními skupinami opylovatelů, včelovití – modrá a pestřenkovití – oranžová Červené kruhy – roky s výrazným poklesem, zelené trojúhelníky – roky s nárůstem (Powney et al., 2019)

Na obrázku 1.30 je zobrazen trend výskytu opylovatelů ve Velké Británii, napříč všemi modelovými druhy včelovitých a pestřenkovitých, ukazující malou časovou variabilitu ve výskytu pestřenek, zatímco včely vykazovaly silný pokles po r. 2000 (Powney et al., 2019).

Úbytek opylovatelů znamená pokles rozmanitosti rostlinných druhů, některé rostliny mohou vymřít a s nimi také živočichové, kteří na nich přímo nebo nepřímo závisí. V Evropě závisí na opylení hmyzem zhruba 78 % volně rostoucích druhů rostlin a 84 % druhů zemědělských plodin. To znamená, že 4 z 5 hospodářských plodin a lučních květin v EU jsou do jisté míry závislé na opylení hmyzem. Hodnota roční zemědělské produkce EU přímo závislé na opylení hmyzem představuje přibližně 15 miliard eur. Přesto v Evropě mizí zhruba třetina populací včel a motýlů, přibližně 20 % ohrožených druhů včel je endemických a 10 % druhů včel a motýlů je ohrožených (Evropský parlament, 2021).

Na celosvětový problém úbytku opylovatelů již reaguje mnoho společností. Např. společnost Polyfly, která byla založena v r. 2017 v Almerii ve Španělsku navrhuje alternativní řešení přirozeného opylování pro produkci osiva a skleníkových plodin pomocí pestřenek (Polyfly, 2017). Odhaduje se, že pestřenky jsou zodpovědné za opylování více než 500 druhů plodin a jsou tedy výbornou alternativou k tradičním opylovatelům (Polyfly, 2017).

Orfordová et al. (2015) porovnávala pylové zatížení různých taxonů hmyzu navštěvujícího květiny na zemědělské půdě. Mezi skupinami pestřenek a ostatních dvoukřídlých nebyl rozdíl ve specializaci na transport pylu. Pestřenky měly výrazně větší rovnoměrnost návštěv, většinu návštěv ale tvořili i ostatní dvoukřídlí. Dvoukřídlí by tak mohly být určitou pojistkou při dlouhodobých ztrátách včel, přestože podle očekávání bylo nejvyšší pylové zatížení u včel (obr. 1.31).



Obrázek 1.31: Pylové zatížení jednotlivých druhů hmyzu (Orford et al., 2015)

2 CÍL PRÁCE

Cílem práce bylo zjistit vliv opylení pohanky seté včelou medonosnou a ostatními opylovači na nasazení a konečný výnos nažek u různých odrůd pohanky seté.

3 PRAKTICKÁ ČÁST – VÝZKUM

3.1 Polní pokus

Charakteristika lokality

Maloparcelkový polní pokus byl založen v obci Zábělá, na parcele číslo 924/1 (obr. 3.1). Obec Zábělá je součástí plzeňského bioregionu v centru západních Čech. Pozemek je směrem k severu mírně svažité, nadmořská výška činí 363 m n. m.



Obrázek 3.1: Fotomapa lokality pokusu (ČÚZK, 2022)

Pozemek je ze severozápadu chráněn bukovo-dubovým lesem, typickým pro tuto oblast. Oblast se nachází ve čtvrtém klimatickém regionu, mírně teplá a suchá. Reliéf má charakter ploché až členité pahorkatiny, na převážně kyselých břidlicích s buližníky a na extrémně kyselých permských sedimentech. V této oblasti tedy zcela převažují kyselé typické kambizemě, pH půdy je 5,8. Půda je zde málo produkční se střední rychlostí infiltrace vody i při úplném nasycení. Průměrný roční úhrn srážek je 450–550 mm, s průměrnou roční teplotou pohybující se mezi 7 – 8,5 °C.



Obrázek 3.2: Včelstva v okolí pokusu, červený trojúhelník místo pokusu, žluté trojúhelníky registrovaná včelstva (ČÚZK, 2022)

V blízkém okolí polního pokusu se nachází 14 registrovaných včelařů v pásmu do 1 km (obr. 3.2), 21 registrovaných včelařů v pásmu do 2 km a 63 registrovaných včelařů v okolí do 3 km.

3.2 Materiál

Pro založení pokusu byly použity tři odrůdy pohanky seté od firmy Oseva PRO, s.r.o.

- **Zita** je odrůda raná až poloraná. Rostliny jsou středně vysoké až vysoké, výška se pohybuje mezi 95–150 cm. Vegetační doba je podle podmínek 110–120 dní. Odolná vůči chorobám, vůči biotickému a abiotickému stresu. Má stabilní výnos. HTS střední až vyšší, průměrně 31 g.
- **Zoe** je raná odrůda. Rostliny jsou středně vysoké, jejich výška se pohybuje mezi 90–140 cm. Vegetační doba je podle podmínek 80–120 dní. Odolná vůči chorobám. Má stabilní výnos. HTS střední, průměrně 31–32 g.
- **Zamira** je odrůda raná až středně raná. Rostliny jsou středně vysoké, jejich výška se pohybuje mezi 100–130 cm. Vegetační doba je podle podmínek 85–95 dní. Odolná vůči chorobám. Zároveň je odolná vůči suchu a poléhání. Má stabilní výnos. HTS střední, průměrně 29–30 g.

3.3 Polního pokus

Založení pokusu

Zjara byla část pozemku, na slunném místě, upravena zrytím do hloubky 0,2 m a odplevelena. Před setím byla do půdy vpravena směs kravského a koňského hnoje, s obsahem 5 % N + 2 % P₂₀₅ + 3 % K₂₀ a to cca 0,25 kg na 1 m². Dále byl pozemek rozdělena na 6 parcelek o velikosti 1,5 x 1,5 m. Jednotlivé parcelky byly ohraničeny dřevěnými kůly o výšce 0,7 m. Všechny parcelky byly ohraničeny plotem sloužícím jako podpěra a zároveň jako ochrana před domácími zvířaty.

Polní pokus byl založen se třemi odrůdami pohanky, Zita, Zoe, Zamira. Výsev do hloubky 3,0 cm a řádků širokých 12 cm byl proveden 30. 5. 2021. Na výsevek bylo použito cca 150 nažek na 1 m². Každá odrůda pohanky byla vyseta ve dvou opakováních (obr. 3.3).



Obrázek 3.3: Založený polní pokus se třemi odrůdami pohanky seté (zprava odrůdy: Zita, Zoe, Zamira)

Ošetřování porostu během vegetace

Po celou dobu vegetace, od zasetí do počátku kvetení byly parcelky denně zalévány 10 l vody na 1 m², poté až do fáze plné zralosti 20 l vody na 1 m². Po objevení pravých listů bylo provedeno ruční pletí a zároveň redukce počtu rostlin na cca 50 rostlin na 1 m², během vegetace již nebyl porost přihnojován.

Před počátkem kvetení byl na každé parcelce vybrán vzorek v podobě 3 rostlin. Tyto rostliny byly každá připevněna k opoře v podobě spirál z důvodu ochrany proti poléhání. Z tohoto vzorku rostlin bylo provedeno následné hodnocení.

U 3 parcelek s odrůdami Zita, Zoe a Zamira, byly před počátkem kvetení zatlučeny hliníkové vzpěry dlouhé 2,5 m, přes které byla přehozena a uchycena síťovina, chránící rostliny před hmyzem (obr. 3.4). Zbylé 3 parcelky byly ponechány volně přístupné hmyzu. Na těchto volných rostlinách probíhal monitoring hmyzu po celou dobu kvetení.



Obrázek 3.4: Volná a zakrytá část pohanky seté

3.4 Hodnocené parametry u vybraných rostlin pohanky

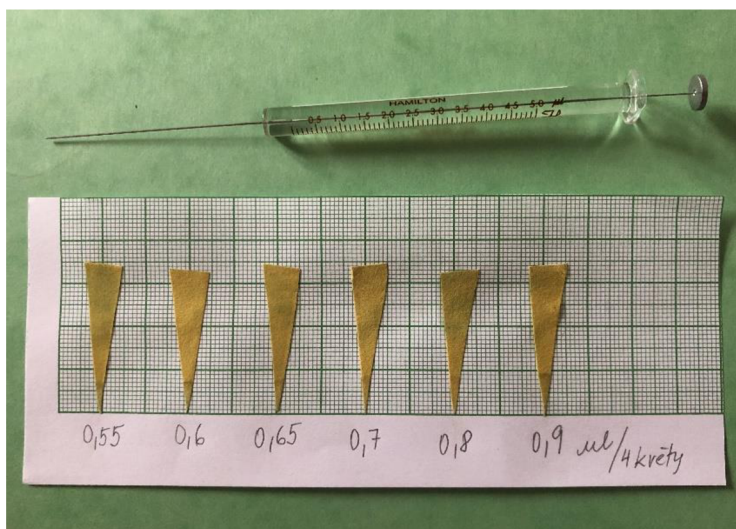
- **výška** rostlin – měřena od povrchu půdy po nejvyšší část rostlin v době květu
- počet hlavních a vedlejších **větví** na konci vegetačního období
- počet **květů a květenství** ve fázi plného kvetení
- množství **nektaru** na květech typu Thrum
- **doba kvetení**
- počet plných **nažek** v době zralosti
- **hmotnost tisíce nažek** – spočítáno a zváženo 1000 nažek u nezakrytých rostlin a 4 x 250 nažek u zakrytých rostlin
- **výnos** nažek stanoven podle vzorce $V = \frac{PR \cdot N \cdot A}{100000}$ (t/ha), kdy V = výnos, PR = počet rostlin na 1 m², N = počet nažek na rostlině a A = hmotnost 1000 zrn v g.

3.5 Stanovení produkce nektaru

Množství nektaru bylo stanoveno modifikovanou metodou podle Marrant et al. (2009) u květů vybraných rostlin pohanky na každé parcelce, v době plného květu. Stanovení probíhalo za slunného počasí, vždy ze čtyř květů typu Thrum (každý květ z jiné rostliny) ze 4. květenství na rostlině (počítáno od spodu), umístěného na hlavní lodyze. Množství nektaru bylo měřeno v pěti po sobě jdoucích dnech od 16. – 20. 7. v 9, 10 a

11 hod. Množství nektaru bylo změřeno pomocí lakmusových papírků, které byly nastříhány na polovinu, poté ještě po úhlopříčce, aby vznikly papírky stejné velikosti se špičkou.

Pro kvantifikaci změřeného množství nektaru byla vytvořena stupnice pomocí 40 % roztoku sacharózy, který byl mikrostríkačkou nanášen ve známém množství na lakmusový papírek a porovnán se změřeným množstvím nektaru (obr. 3.5).



Obrázek 3.5: Stupnice množství nektaru ze 4 květů

Tímto způsobem byla vzdálenost zabarvení lakmusového papírku přepočítána na množství nektaru μl a dále přepočteno množství nektaru na 1 květu, viz tabulka 3.1.

Tabulka 3.1: Převodová tabulka množství nektaru

nektar (mm)	Množství roztoku sacharózy (μl)
6,5	0,55
7	0,6
7,5	0,65
8	0,7
8,5	0,8
9	0,9

3.6 Monitoring opylovatelů

V době kvetení byl u volně přístupných rostlin pohanky prováděn monitoring opylovatelů ve vybraných dnech v 9, 10, 11, 12 a 14 hod, vždy po dobu cca 10 min. Hmyzu volně přístupné parcelky byly monitorovány 20 dní. Při monitoringu byla sledovaná celá hmyzu volně přístupná plocha výsevu, tedy cca 6,75 m². Hmyzí návštěvníci byli fotografováni a jejich počty zaznamenány do tabulky. Determinace vyfotografovaných druhů hmyzu bylo provedeno pomocí aplikace Seek by iNaturalist.

3.7 Statistické hodnocení

Hodnoty v tabulkách a grafech byly počítány průměrem, s mírou nepřesnosti (směro-

datnou odchylkou) podle vzorce $s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (X_i - \bar{X})^2}$ pomocí programu Excel, kdy,

X_i ... výsledky jednotlivých měření

\bar{X} ... aritmetický průměr

n ... počet měření

$(X_i - \bar{X})$... odchylka dílčího měření od průměru

\sum ... suma (matematický operátor)

4 Výsledky

4.1 Růstové a výnosové parametry u jednotlivých porostů pohanky

První děložní lístky se objevily již 5. 6. a 19. 6. začaly růst pravé listy. 27. 6. bylo patrné již i větvení rostlin. 30. 6. byly 3 parcelky zakryty sítí proti hmyzu. 3. 7. se na rostlinách začaly objevovat první květy, které přilákaly i první opylovače. Nažky se začaly tvořit od 25. 7.

Tabulka 4.1: Odrůdy pohanky volně přístupné hmyzu (průměr ± směrodatná odchylka)

odrůda	výška rostlin (cm)	hlavní / vedlejší větve	doba kvetení	počet květenství na rostlině (ks)	počet květů na rostlině (ks)	počet nažek na rostlinu (ks)	HTN (g)	předpokládaný výnos (t/ha)
Zita	179±26,9	4 / 11	65	65±9,5	2092±509,8	1317±318,6	29,0±0,58	19,1
Zoe	185±13,3	5 / 13	70	79±15,2	2530±592,3	1199±402,8	27,0±1,30	16,2
Zamira	185±6,4	4 / 13	65	67±21,6	2368±563,6	1367±299,6	26,0±0,95	17,8
průměr	183±3,5	13 / 37	67	70±7,6	2330±221,5	1294±96,3	27,3±1,53	17,7±1,45

Tabulka 4.2: Odrůdy pohanky zakryté sítí proti hmyzu (průměr ± směrodatná odchylka)

odrůda	výška rostlin (cm)	hlavní / vedlejší větve	doba kvetení	počet květenství na rostlině (ks)	počet květů na rostlině (ks)	počet nažek na rostlinu (ks)	HTN (g)	předpokládaný výnos (t/ha)
Zita	152±27,5	3 / 9	86	48±13,1	1649±495,5	113±32,6	29,0±1,43	1,6
Zoe	182±4,4	5 / 19	90	106±8,1	3249±247,5	195±52,3	27,0±1,48	2,6
Zamira	191±6,1	5 / 22	86	110±20,8	3615±289,6	221±68,1	25,0±1,29	2,8
průměr	175±20,4	13 / 50	87	88±34,7	2838±1045,6	176±56,4	27,0±2,00	2,3±0,64

Rostliny hmyzu volně přístupné dosahovaly průměrné výšky 1,9 m (tab. 4.1). Zakryté rostliny byly nižší, dosahovaly průměrně výšky 1,7 m (tab. 4.2). Vliv nepřítomnosti opylovačů ani odrůdy na výšku rostlin však nebyl statisticky průkazný. Počet hlavních větví se mezi volnými a zakrytými rostlinami nelišil, zatímco počet vedlejších větví byl u zakrytých rostlin vyšší průměrně o 5 vedlejších větví, což odpovídá nárůstu o 30 %. Tento rozdíl však nebyl statisticky průkazný. Také počet květů a květenství se mezi

variantami lišil. Počet květenství na nezakrytých rostlinách byl průměrně 70, na zakrytých průměrně 88, což představuje statisticky významně průkazný nárůst o 25,7 %. Počet květů u nezakrytých rostlin byl průměrně 2330, u zakrytých 2837, což odpovídá navýšení počtu květů o 21,8 % ve prospěch zakrytých rostlin. Při srovnání květů nezakrytých a zakrytých u odrůd Zoe a Zamira představuje tento rozdíl v počtu květů dokonce 40 % nárůst ve prospěch zakrytých rostlin. V počtu květů na rostlinu byl patrný i odrůdový rozdíl. Nejvyšší počet květů i květenství měla odrůda Zamira, která se statisticky průkazně lišila od odrůdy Zita s nejnižším průměrným počtem květů i květenství.

Počet nažek na nezakrytých rostlinách byl průměrně 1294, na zakrytých rostlinách jen 176, což představuje úbytek 86,4 %. Vliv zakrytí na počet nažek byl statisticky průkazný. Tomuto odpovídá i předpokládaný výnos, který byl na zakrytých rostlinách v průměru o 10,7 t nižší než na nezakrytých rostlinách.

HTN byla u zakrytých rostlin průměrně 27 g, u nezakrytých rostlin 27,3g. Pouze HTN u odrůdy Zamira byla o 3,8 % nižší u zakrytých rostlin, což mělo vliv na celkový pokles průměrné HTN u zakrytých rostlin o 1,1 %. Vliv zakrytí na HTN nebyl statisticky průkazný.

Z hlediska předpokládaného výnosu byl významný rozdíl mezi zakrytými a nezakrytými odrůdami pohanky (tab. 4.1). Průměrný předpokládaný výnos pohanky u nezakrytých rostlin byl 17,7 t/ha. Průměrný předpokládaný výnos u zakrytých rostlin pohanky byl 2,3 t/ha, pokles výnosu u zakrytých rostlin tedy činil 87 %. Předpokládaný výnos nažek pohanky byl srovnatelný u odrůd Zita a Zamira. Rostliny odrůdy Zita měly průměrný předpokládaný výnos 20,7 t, Zamira 20,6 t. Nejmenší průměrný předpokládaný výnos měly rostliny odrůdy Zoe 18,8 t (tab. 4.1).

4.2 Produkce nektaru

V tabulce č. 4.3 jsou uvedeny hodnoty naměřené produkce nektaru v jednotlivých dnech, podle odrůd a hodiny produkce.

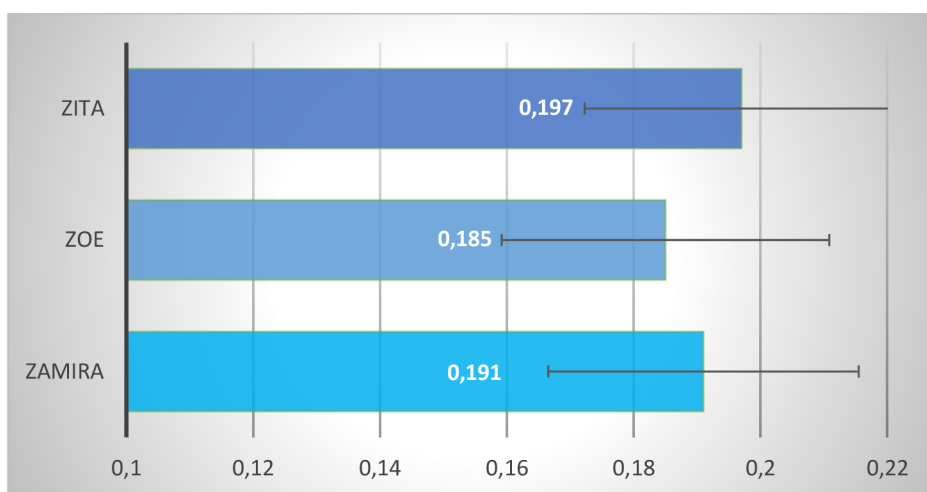
Tabulka 4.3: Množství produkovaného nektaru (μl / květ) 3 odrůd pohanky seté u volně přístupného porostu a zakrytého proti opylvatelům

odrůdy	datum	16. 07.		17. 07.		18. 07.		19. 07.		20. 07.	
		hod	volná	krytá	volná	krytá	volná	krytá	volná	krytá	volná
Zita	9	0,175	0,175	0,175	0,150	0,175	0,175	0,175	0,163	0,163	0,163
	10	0,225	0,225	0,175	0,200	0,225	0,225	0,225	0,225	0,200	0,225
	11	0,225	0,225	0,200	0,200	0,200	0,225	0,200	0,200	0,200	0,225
Zoe	9	0,175	0,163	0,138	0,138	0,175	0,163	0,163	0,163	0,150	0,138
	10	0,200	0,225	0,175	0,200	0,200	0,225	0,200	0,200	0,175	0,200
	11	0,200	0,225	0,175	0,200	0,200	0,225	0,175	0,200	0,175	0,200
Zamira	9	0,175	0,175	0,163	0,150	0,175	0,163	0,175	0,163	0,163	0,150
	10	0,200	0,225	0,175	0,200	0,225	0,225	0,200	0,225	0,175	0,200
	11	0,200	0,225	0,175	0,200	0,200	0,225	0,200	0,225	0,175	0,200

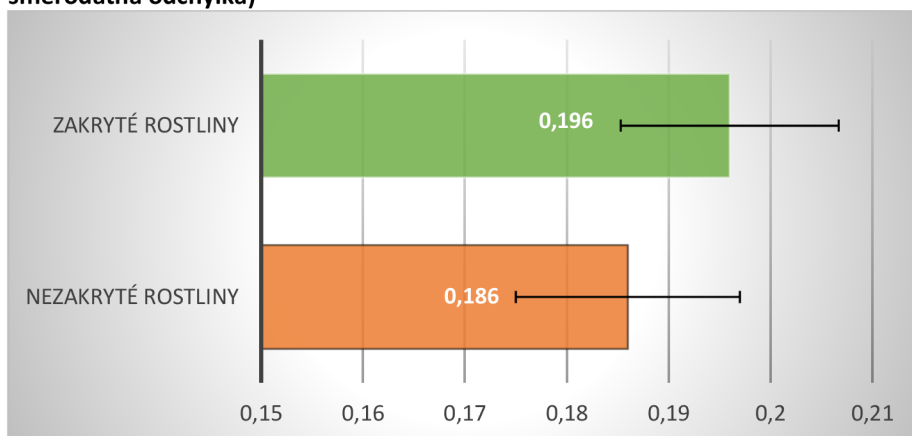
Odrůda Zita měla statisticky průkazně nejvyšší produkci nektaru (0,197 μl na květ), podobně na tom byla i odrůda Zamira s 0,191 μl na květ, která se v produkci nektaru od Zity statisticky průkazně nelišila. Zoe měla produkci nektaru na květ statisticky průkazně nejnižší, pouze 0,185 μl (graf 4.1).

Květy zakrytých rostlin produkovaly statisticky průkazně více nektaru než květy nezakrytých rostlin a to průměrně 0,196 μl na květ, květy nezakrytých rostlin produkovaly 0,186 μl nektaru na květ (graf 4.2).

Graf 4.1: Průměrná produkce nektaru jednotlivých odrůd (průměr \pm směrodatná odchylka)



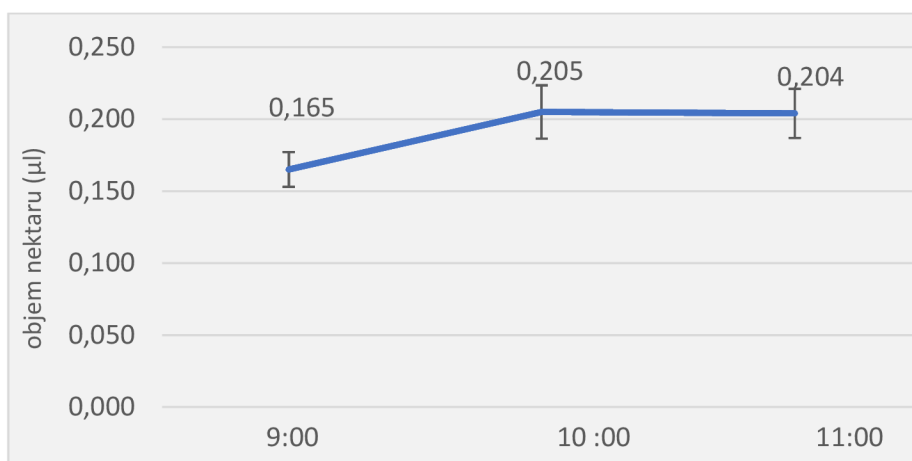
Graf 4.2: Průměrná produkce nektaru u zakrytých a nezakrytých rostlin v μl na květ (průměr \pm směrodatná odchylka)



Produkce nektaru v závislosti na čase

U pohanky seté je patrný nárůst v objemu nektaru na květ mezi 9. – 11. hod, což ukazuje graf č. 4.3.

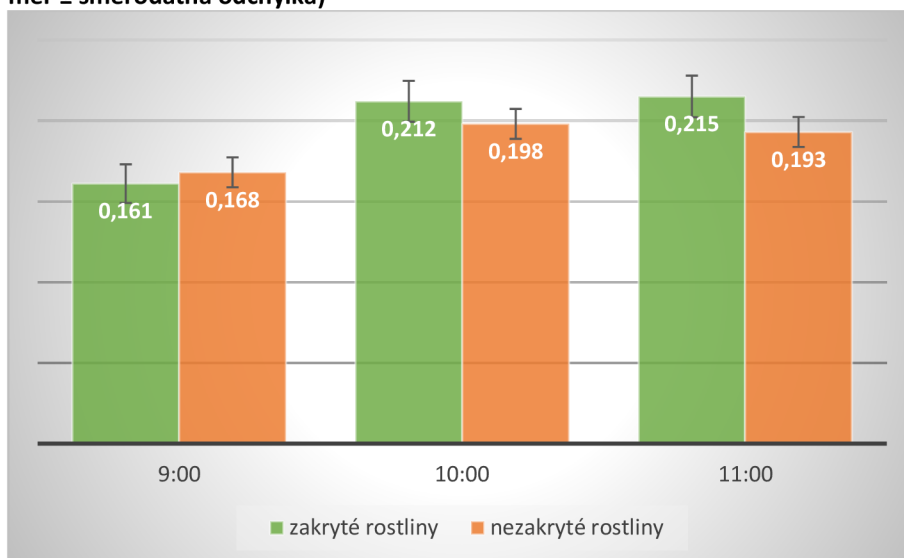
Graf 4.3: Průměrná produkce nektaru v μl ve sledovaných hodinách (průměr \pm směrodatná odchylka)



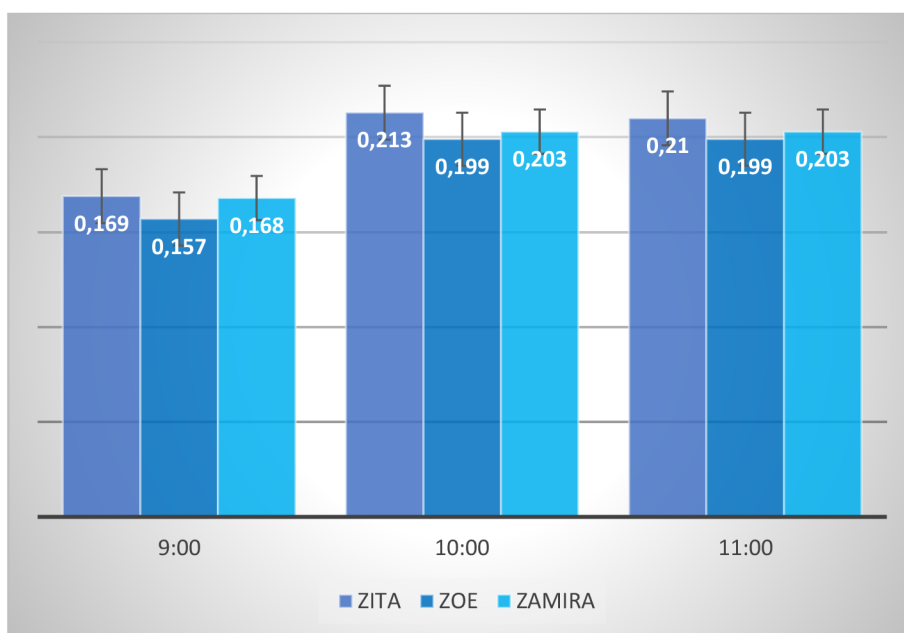
V produkci nektaru byl statisticky významný rozdíl mezi zakrytými a nezakrytými rostlinami. Z grafu č. 4.4 je patrné, že v produkci nektaru u zakrytých a nezakrytých rostlin nebyl v 9 hod průkazný rozdíl, objem nektaru byl v průměru vyšší u nezakrytých rostlin pouze o 4,3 %. V 10 i 11 hod byl objem nektaru statisticky průkazně vyšší u zakrytých rostlin. V 10 hod to bylo v průměru o 7,1 % a v 11 hod o 11,4 %.

U nezakrytých rostlin tedy docházelo mezi 10. a 11. hod k mírnému poklesu objemu nektaru, a to o 2,5 %, zatímco u zakrytých rostlin došlo k nárůstu produkce nektaru, a to o 1,4 %.

Graf 4.4: Objem nektaru (μl) u zakrytých a nezakrytých rostlin pohanky ve vybraných hodinách (průměr \pm směrodatná odchylka)



Graf 4.5: Produkce nektaru v μl u jednotlivých odrůd mezi 9–11 hod (průměr \pm směrodatná odchylka)



Produkce nektaru květů pohanky je statisticky průkazně závislá na denní době. Nejvyšší produkce nektaru u květů pohanky pro všechny rostliny byla naměřena v 10 hod a jeho průměrné hodnoty byly $0,205 \mu\text{l}$ na květ. Nejvíce nektaru měly květy odrůdy Zita a to v 9, 10 i 11 hod. Nejméně nektaru bylo naměřeno v 9, 10 i 11 hod u odrůdy Zoe (graf 4.5).

4.3 Výskyt opylovatelů

V tabulce č. 4.4 jsou zaznamenané druhy hmyzu a jejich celkový počet za celou dobu monitorování nezakrytých parcel.

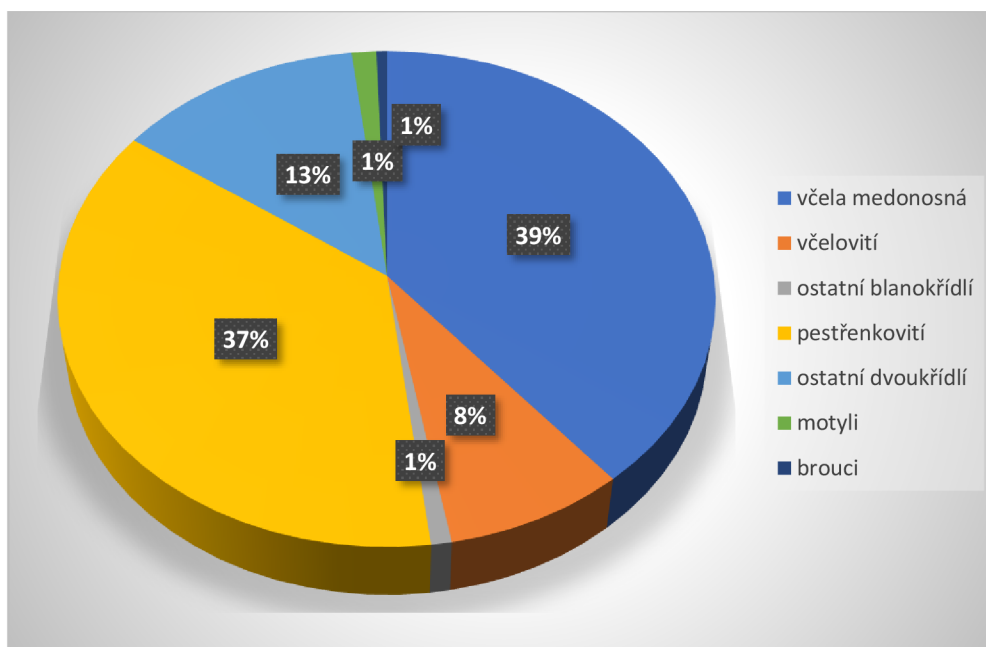
Tabulka 4.4: Zaznamenané druhy hmyzu s celkovým počtem návštěv na květech pohanky

řád	druh	počet zaznamenaných jedinců
blanokřídlí	včela medonosná	2480
	hedvábnice řebříčková	169
	čalounice obecná	173
	čmelák zemní	168
	čmelák úhorový	12
	jízlivka obecná	3
	kutík dřevní	24
	vosík francouzský	32
mravenec černolesklý	355	
celkem		3416
dvoukřídlí	pestřenka pružovaná	1062
	pestřenka trubcová	331
	pestřenka rybízová	253
	pestřenka psaná	237
	pestřenka černonosá	206
	pestřenka hrušňová	202
	pestřenka prosvítavá	54
	moucha domácí	219
	bzučivka zlatá	209
	masařka obecná	221
	kuklice červenonohá	130
	kuklice dvoubarevná	65
celkem		3189
motýli	modrásek krušinový	6
	bělásek řepový	12
	přástevník kostivalový	7
	okáč prosíčkový	19
	babočka sítkovaná	40
celkem		84
brouci	páteříček žlutý	6
	tesařík obecný	13
	tesařík ozbrojený	4
	vrbař uhlazený	5
	slunéčko východní	8
celkem		36

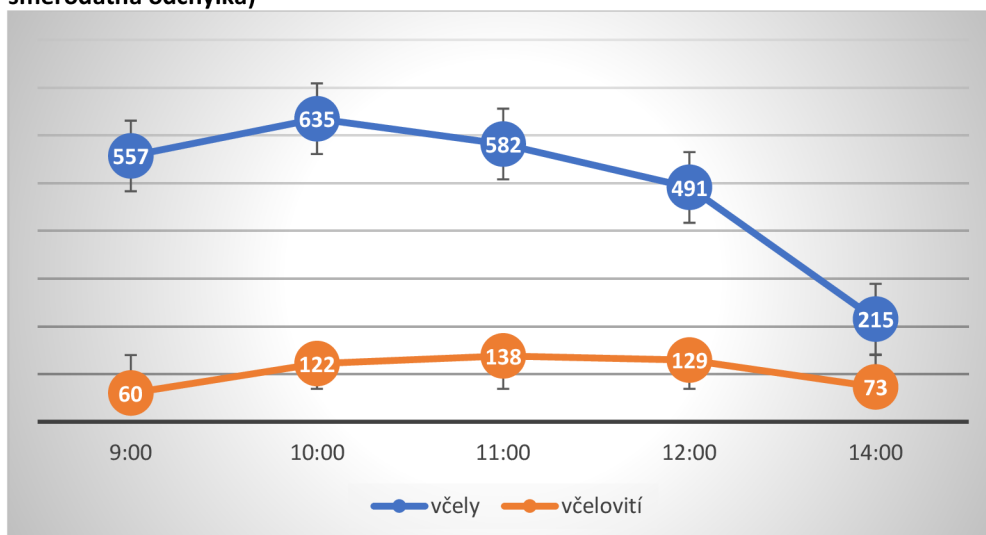
Na květech pohanky bylo zaznamenáno 31 druhů hmyzu, v 15 čeledích. Z jednotlivých řádů hmyzu bylo na květech pohanky zaznamenáno nejvíce blanokřídlého hmyzu v dominantním zastoupení včely medonosné. Druhým nejpočetnějším řádem byli dvoukřídlí. Jejich návštěvy květů byly jen nepatrně méně časté než blanokřídlých.

V zastoupení dvoukřídlých dominovala pestřenka pruhovaná. Mezi méně časté návštěvníky patřili motýli a brouci, u kterých se dominantně neprojevil žádný z druhů. Největší podíl z opylovatelů a to 39,7 % tvořila včela medonosná. Druhou nejvýznamnější skupinou opylovatelů pohanky seté byly pestřenky, které tvořily 37,5 % z celkového počtu zaznamenaných opylovatelů (graf č. 4.6). Včely samotárky tvořily 5,5 % účinných opylovatelů a čmeláci 2,9 % účinných opylovatelů.

Graf 4.6: Procentické zastoupení opylovatelů na květech pohanky

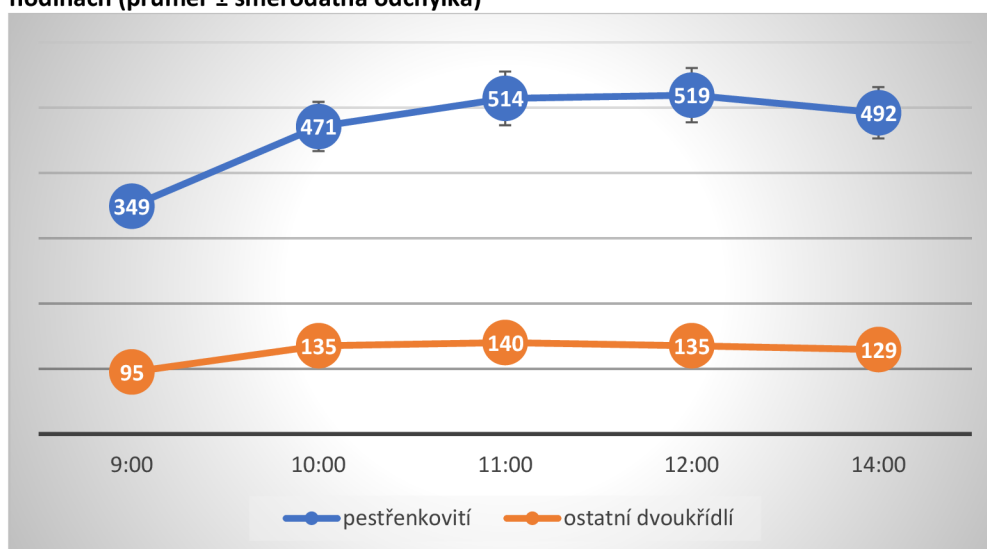


Graf 4.7: Počet zaznamenaných návštěv včel a včelovitých v monitorovaných hodinách (průměr ± směrodatná odchylka)



Z grafu č. 4.7 je patrný nárůst návštěv včel a včelovitých mezi 10. a 11. hod, s maximum v 10 hod. To je ve shodě s množstvím nektaru, který byl v 10 hod u nezakrytých rostlin také na svém maximu (graf 4.4). Rozdíly v návštěvnosti květů pohanky seté včelami v monitorovaných hodinách byly statisticky průkazné. Dále je z grafu patrný výrazný pokles zájmu včel o květy po 14 hod, kdy byla návštěvnost včel a včelovitých o 62 % nižší než v 10 hod. V tuto dobu však přetrvával zájem pestřenkovitých, kteří navštěvovali květy i v odpoledních hodinách (graf 4.8).

Graf 4.8: Počet zaznamenaných návštěv pestřenkovitých a ostatních dvoukřídlých v monitorovaných hodinách (průměr ± směrodatná odchylka)

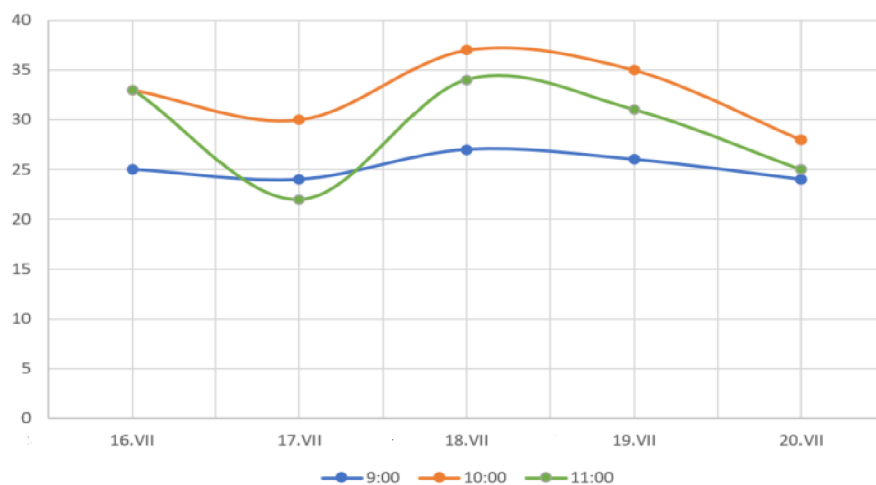


V grafu č. 4.8 je znázorněna návštěvnost pestřenkovitých a ostatních dvoukřídlých. Jejich zájem o květy pohanky trval déle, než tomu bylo u včelovitých. Maximum návštěv bylo mezi 11. a 12. hod. Ve 14 hod byl zaznamenán pokles návštěv o 5 %.

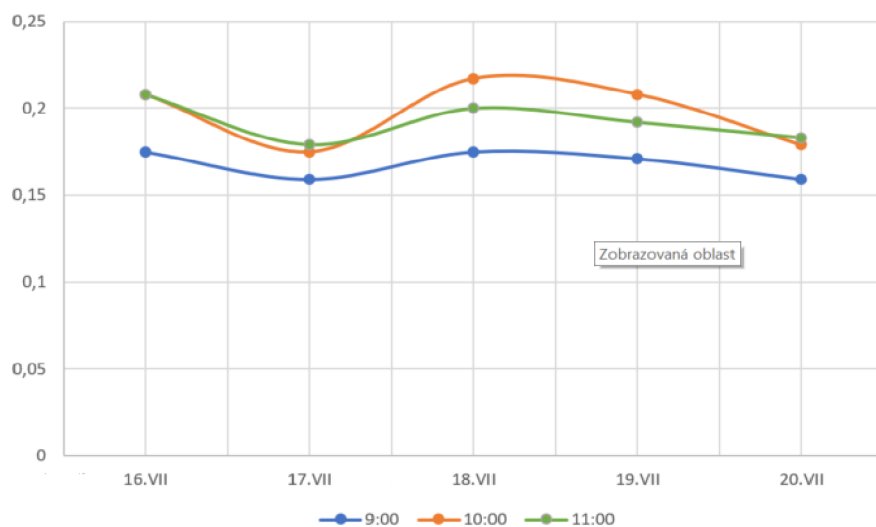
Na grafu 4.9 je křivka náletů včel ve dnech odběru nektaru. Z obou grafů 4.9 a 4.10 je patrná shoda zájmu včel o květy pohanky v určitých dnech. Vrchol zájmu včel i produkce nektaru byly ve shodě, a to 18. a 19. 7., kdy také trval sluneční svit nejdelší dobu (graf 4.11). 18.7 trval sluneční svit 10 hod, 19. 7. 8,2 hod. Nejkratší doba svitu byla 17. 7 a to pouhé 2,3 hod, 20.7. 3,4 hod a 16. 7. 6,7 hod.

Nejnižší produkce nektaru byla zaznamenána 17.7. Tento den byla i nejkratší délka slunečního svitu ze všech dní hodnocení produkce nektaru. Naopak nejvyšší produkce nektaru byla zaznamenána 18. 7., kdy byla i nejdelší doba slunečního svitu ze všech dní, ve kterých proběhlo hodnocení produkce nektaru.

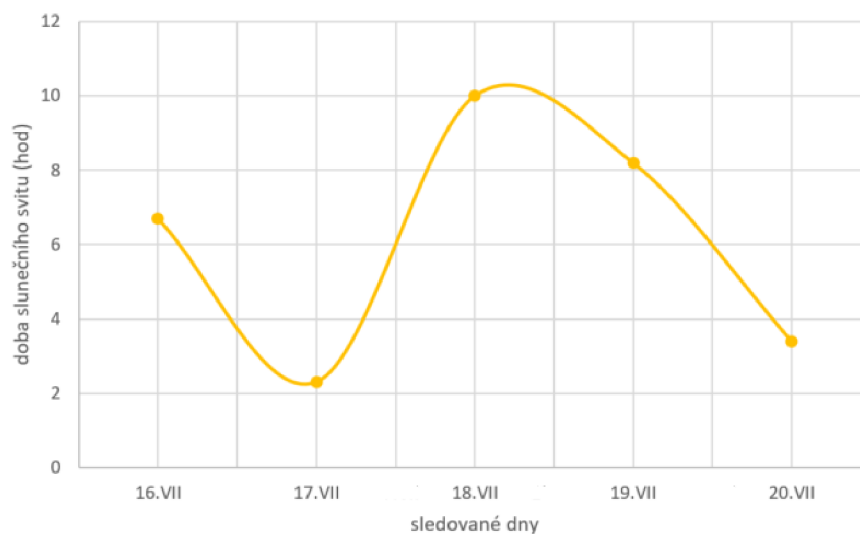
Graf 4.9: Křivka návštěv pohankových květů včelami v dopoledních hodinách v pěti dnech odběru nektaru



Graf 4.10: Křivka hladiny nektaru v dopoledních hodinách v pěti dnech odběru nektaru

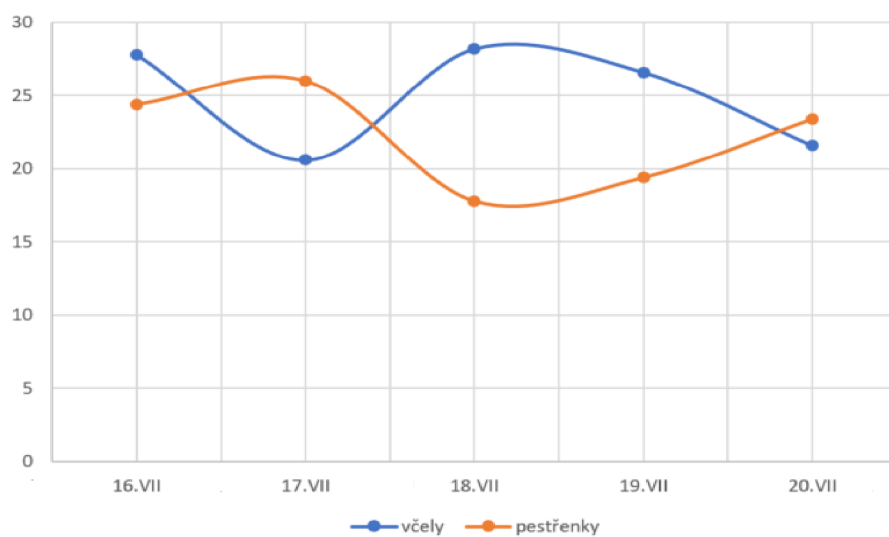


Graf 4.11: Délka slunečního svitu (hod) ve dnech odběru nektaru (Archiv počasí, 2022)



Zatímco křivka návštěv včel koresponduje s křivkou délky slunečního svitu, křivka návštěv pestřenek má tvar zcela odlišný (graf 4.12).

Graf 4.12: Srovnání návštěv květů pohanky seté včelami a pestřenkami v pěti dnech odběru nektaru



5 Diskuse

Výsledky získané v této práci se shodují s výsledky studie Leea a Heimpela (2002). Množství nektaru produkované jedním květem pohanky seté typu Thrum v mém sledování bylo průměrně 0,191 μ l. Naproti tomu Lee a Heimpel (2002) stanovili dostupnost nektaru z květů *Fagopyrum esculentum Moench* na otevřeném poli a uvnitř kontrolních klecí s velikostí ok 2 x 2 mm, které bránily větším druhům hmyzu, ale umožnily vstup parazitickým vosičkám. V 7, 10, 13 a v 16 hod. odebírali 5 květů z každého stanoviště. Vrchol objemu nektaru dosáhly květy sbírané v 10 hod a to 0,146 μ l. V tomto sledování ale nebyly rozlišovány typy květů a množství nektaru bylo stanovenou jinou metodou než v mém sledování. Cawoy (2007) zjistila, že květy typu Thrum produkovaly větší pylová zrna, ale jejich menší počet než květy typu Pin a zároveň produkovaly o 30 % více nektaru, s vyšším podílem sacharózy. Zjistila nejvyšší naměřené hodnoty na 1 květ 0,21 μ l pro květy typu Thrum a 0,13 μ l pro květy typu Pin.

Cawoy (2007) zjistila, že při dvojnásobné délce světla se produkce nektaru zvýšila o 41 %. V mém sledování nebyl nárůst objemu nektaru lineární, jak tomu bylo u Cawoy (2007) v laboratorních podmínkách. Maximum produkce nektaru jsem zaznamenal v 10 hod, což odpovídalo také náletům opylovatelů, zejména včel. V 11 hod byl již u nezakrytých rostlin zaznamenán mírný pokles v produkci nektaru o 2,5 %, zatímco na zakrytých rostlinách došlo dokonce k nárůstu objemu nektaru o 1,4 %. Můžeme tedy předpokládat a souhlasit s Leem a Heimpel (2002), že za poklesem nektaru u nezakrytých rostlin stojí opylovatelé, kteří nektar z květů odebírají.

Produkce nektaru je dle Cawoy (2007) silně ovlivněna stářím rostliny a také pozicí květenství na rostlině. To souhlasí s výsledkem mého sledování, kdy s termínem odběru nektaru z květů, tj. se stářím rostliny jeho produkce pozvolna klesala.

Dle Alekseyeva and Bureyko (2000) tetraploidní odrůdy produkují více nektaru než diploidní (až o 40 % více). Podobně i při mém sledování byly patrné odrůdové rozdíly v produkci nektaru.

Dle Racys a Montviliene (2005) je produkce nektaru závislá spíše na počasí a povětrnostních podmínkách a v jednotlivých letech se výrazně liší. V roce 1999 bylo průměrné množství nektaru 0,1237 mg, v roce 2000 0,3123 mg a v roce 2001 pouhých 0,0128 mg na květ.

V letech 1999–2001 probíhaly testy v Litevském zemědělském institutu s cílem prozkoumat účinky opylení včelami na produkci a vývoj rostlin pohanky seté. Rostliny izolované sítí byly vyšší a měly i o 16,8–19,6 % více vedlejších větví. Průměrný počet květů byl o 16,5 % vyšší u izolovaných rostlin. Rostliny intenzivně navštěvované opylovateli měli o 16,5 % kratší dobu květu a produkovaly o 21, 7–41, 4 % vyšší výnos ve srovnání s izolovanými rostlinami (Racys a Montviliene, 2005). Racys a Montviliene (2005) uvádí, že opylení včelami, zvyšuje produktivitu rostliny o 25–30 %. V mém pokusu se také potvrdil vliv opylovatelů na růst a vývoj rostlin. Izolované rostliny měly o 30 % více vedlejších větví a lišily se průkazně i počtem květů a květenství. Květenství na volných rostlinách bylo průměrně 70, na zakrytých rostlinách průměrně 88, což představuje nárůst o 25, 7 %. Počet květů u volně přístupných rostlin byl průměrně 2330, u zakrytých 2837, což odpovídá nárůstu květů o 21,8 % ve prospěch zakrytých rostlin. Rostliny zakryté sítí měly dobu kvetení oproti nezakrytým rostlinám delší průměrně o 21 dní, což představuje o 33 % delší dobu kvetení. Počet nažek na nezakrytých rostlinách byl průměrně 1294, na zakrytých rostlinách jen 176, což představuje úbytek 86,4 %. Tomuto odpovídá i předpokládaný výnos, který byl na zakrytých rostlinách v průměru o 10,7 t (87 %) nižší než na volných rostlinách.

Racys a Montviliene (2005) uvádí, že rostliny navštěvované opylovateli produkují o 1,9 – 8,5 % větší nažky než izolované rostliny, což představovalo o 7,8 – 25,3 % vyšší HTN ve prospěch volně přístupných rostlin. Naproti tomu průměrná HTN u volně přístupných rostlin v mém pokusu bylo pouze o 1 % vyšší než na izolovaných rostlinách. HTN tedy není jednoznačně závislá na opylovatelích, ale pravděpodobně více na průběhu počasí, odrůdě a dostatku asimilátů v době tvorby nažky.

Aryal et al. (2014) uvádí vliv opylovatelů na výšku a výnos rostlin pohanky. Studie probíhala v Nepálu. Dle studie byly rostliny volně navštěvované hmyzem nižší než rostliny opylované ručně i než rostliny izolované sítí proti hmyzu. Rostliny navštěvované hmyzem měly nasazeno více semen, měly vyšší HTN a tím i vyšší výnos než izolované nebo ručně opylované rostliny. Nejvyšší výnos byl pozorován u rostlin opylovaných včelami východními (*Apis cerana*) 137,25 g/m², poté následovalo opylení včelou medonosnou (*Apis mellifera*) 123,00 g/m². Výnos rostlin volně přístupných hmyzu byl 103,75 g/m², u ručně opylených 88,00 g/m² a v porovnání s výnosem na izolovaných rostlinách to bylo jen 16,50 g/m².

V mých pokusech se pohanka opakovaně potvrdila jako lákavá rostlina pro mnoho druhů hmyzu. Konkrétně v roce 2019 to bylo 24 druhů hmyzu zastoupeného v 15 ti

čeledích. Většinu druhů tvořili blanokřídlí (42 %), dvoukřídlí (33 %) a brouci (25 %). Z blanokřídlých tvořily většinu mravenci (49 %) a včely (44 %) (Nolč, 2020). V roce 2021 jsem zaznamenal dokonce 31 druhů hmyzu zastoupeného v 15 ti čeledích. Většinu druhů tvořily dvoukřídlí 39 %, blanokřídlí 29 %, po 16 % byli zastoupeni druhy motýlů a brouků. Podobně široké spektrum opylovatelů zaznamenal i Jacquemart et al. (2007) v Belgii, konkrétně 49 různých druhů hmyzu, které patřily do 18 čeledí. Hlavními návštěvníky byli druhy z řádů *Diptera* a *Hymenoptera*. Mezi 13 druhy blanokřídlých byly 3 druhy čmeláků a také různé druhy včel samotářek. Včela medonosná tvořila 18,5 – 51,8 % opylovatelů.

Dle Racysset a Montviliene (2005) je včela medonosná hlavním opylovatelům pohanky seté, představovala až 81 % ze všech opylovatelů. Za špatného počasí, pokud včely nelétaly, převzali jejich úlohu čmeláci. I v mém sledování v roce 2021 představovala včela medonosná hlavního opylovatele, tvořila 39 % ze všech opylovatelů. Naproti tomu v mém předchozím sledování v roce 2019 včela medonosná představovala pouhých 8,2 % z celkového počtu opylovatelů. Čmeláci tvořily 2,9 % z opylovatelů (Nolč, 2020).

Dle Jacquemart et al. (2007) byly nejčastějšími návštěvníky z dvoukřídlých pestřenky. Také v mém sledování v roce 2019 tvořily pestřenky významný podíl (57,3 % z účinných opylovatelů) a byly tak hlavním opylovatelům (Nolč, 2020). V roce 2021 tvořily pestřenky 37,5 % z účinných opylovatelů a jejich návštěvy byly méně časté než návštěvy včel. Podíl těchto druhů na opylení je tedy ovlivněn ročníkem a okolím pozemku s pohankou.

Pestřenky navštěvovaly květy pohanky v průběhu celého dne i za horšího počasí, kdy návštěvy včel byly spíše ojedinělé. Tohoto faktu využívá i projekt PolyFly, ve kterém nabízí španělská společnost pestřenky jako komerčně zajímavou a dostupnou alternativu ke klasickému chovu včel a čmeláků, pokud jsou v dané oblasti pestřenky přirozenou součástí systému, aby nedošlo k narušení přirozené ekologické rovnováhy.

Podobně Drugmand (2020) zaznamenal na květech pohanky více než 50 druhů hmyzu, kdy dominantními opylovatelými byli dvoukřídlí (83 %). Z dvoukřídlých převažovaly pestřenky (77 %). Včely medonosné byly zaznamenány pouze jediný den a jejich návštěvnost tak byla minimální. Absenci včel Drugmand (2020) vysvětluje nízkými teplotami a nepřítomností úlů v blízkém okolí. U návštěv pestřenek však poukazuje na to, že navštěvovaly více než 1 květ na kvadrant, a že navštěvovaly tolik květů, jako včely samotářky a stejně dlouho. To rozporuje Jacquemart et al. (2007), která

uvádí, minimální návštěvy pestřenek více než u jednoho květu na kvadrant a také ukazuje na kratší dobu hledání potravy u pestřenek, než je tomu u včel.

V mém pokusu v roce 2019 patřil mezi nejčastější návštěvníky na květech pohanky blýskáček řepkový (Nolč 2020). Tento herbivor v pokusu v roce 2021 nebyl zaznamenán žádný, patrně z důvodu absence řepky v okolí pokusu. Naopak se během pokusu v roce 2021 zvýšil počet návštěv čmeláků, kteří tvořili 2,9 % z opylovatelů, což bylo více, než v mém předešlém pokusu z roku 2019, kdy jsem čmeláky nezaznamenal žádné, pravděpodobně to bylo tím, že tehdy byla v okolí lákavější pastva v podobě jetelového pole.

Cambell (2016) studoval hmyzí návštěvníky na květech pohanky na Floridě s cílem analyzovat vhodnost pohanky jako krycí plodiny podporující udržitelný agro-ekosystém. Jeho studie potvrdila 62 druhů hmyzích návštěvníků v 16 ti čeledích. Kromě včel (61 %) tvořily většinu návštěv i parazitoidní vosy. Většina těchto parazitoidů se nejen podílí na opylení květů pohanky, ale zároveň napadají larvy brouků a motýlů a nymfy rovnokřídlých. Pomáhají tak ke snížení počtu hmyzích škůdců. Pohanka pěstovaná v blízkosti jiných plodin může přilákat nejen škodlivý hmyz, ale především i důležité parazitoidy.

Pohanka je tedy atraktivní krycí plodinou lákající mnoho druhů hmyzu a současně pohanka pomáhá potlačovat růst plevelů. Její relativně krátké vegetační období a zároveň dlouhá doba kvetení může včelám nahradit pastvu i v době, kdy je jiných kvetoucích rostlin již nedostatek.

Závěr

- Produkce nektaru v květech pohanky se během dopoledních hodin zvyšovala u zakrytých i nezakrytých rostlin.
- U rostlin volně přístupných hmyzu objem nektaru po 10 hod klesal, zatímco u zakrytých rostlin docházelo k nárůstu objemu nektaru.
- Rostliny odrůdy Zita produkovaly v průměru nejvíce nektaru ze zkoušených odrůd (0,197 μ l na květ).
- Na květech pohanky bylo zaznamenáno 31 druhů hmyzu z 15 čeledí.
- Včela medonosná a pestřenky se opakovaně potvrdily jako nejvýznamnější opylovatelé pohanky.
- Podíl včely medonosné z opylovatelů pohanky byl 39 %, podíl včel samotářek 5,5 % a čmeláci tvořili 2,9 % z opylovatelů.
- Podíl pestřenkovitých z opylovatelů pohanky byl 37,5 % a ostatních dvoukřídlých 13,5 %.
- Včely létaly na květy pohanky zejména v dopoledních hodinách, s maximem v 10 hod.
- Pestřenky, na rozdíl od včel, navštěvovaly květy pohanky aktivně v průběhu celého dne, a to i za horšího počasí, kdy byly návštěvy včel ojedinělé.
- Pohanka setá je rostlina pro hmyz velice atraktivní rostlina s dlouhou dobou kvetení a její pěstování lze doporučit pro podporu biodiverzity.
- Rostliny bez přístupu opylovatelů vykazovaly větší počet vedlejších větví (o 30 %), větší počet květenství (o 25,7 %), větší počet květů (o 21,8 %), delší dobu kvetení (o 33 %), menší počet nažek (o 86,4 %), menší HTN (o 1 %) a tím i nižší předpokládaný výnos (o 87 %).
- Výnos pohanky seté je tedy závislý na množství produkovaného nektaru a přístupu opylovatelů.
- Nejvyšší předpokládaný výnos měly nezakryté rostliny odrůdy Zita 19,1 t/ha.

Seznam použité literatury

- Archiv počasí, (2022). *Meteorologická stanice Plzeň-Mikulka*. [online] [11.03.2022] <https://www.in-pocasi.cz/archiv/>
- Aryal, N. L. et al. (2014). Effect of insect pollination on growth and yield of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) in Chitwan, Nepal. *International Journal of Research*, 1(4): 987-964.
- Björkman, T. (1995). Role of honey bees (*Hymenoptera: Apidae*) in the pollination of buckwheat in eastern North America. *Journal of Economic Entomology*, 88(6): 1739-1745.
- Björkman, T. et al. (1995). Variation in pollen performance among plants of *Fagopyrum esculentum*. *Euphytica*, 82(3): 235-240.
- Bryndza, J. et al. (2015). Morphological characteristics of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) pollen grains and bee pollen. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*, (223), 17-24.
- Campbell, C. G. (1997). *Buckwheat: Fagopyrum esculentum Moench*. 1st Edited. International Plant Genetic Resources Institute, Rome. ISBN 92-9043-345-0.
- Campbell, J. W. et al. (2016). Insect visitors to flowering buckwheat, *Fagopyrum esculentum* (Polygonales: Polygonaceae), in North-Central Florida. *Florida Entomologist*, 99(2): 264-268.
- Cawoy, V. et al. (2006). Morph differences and honeybee morph Preference in the distylous species *Fagopyrum esculentum* Moench. *International Journal of Plant Sciences*, 167(4): 853-861.
- Cawoy, V. et al. (2007). Resource availability regulates reproductive meristem activity, development of reproductive structures and seed set in buckwheat (*Fagopyrum esculentum*). *Physiologia Plantarum*, 131(2): 341-353.
- Cawoy, V. et al. (2008). Morphology of nectaries and biology of nectar production in the distylous species *Fagopyrum esculentum*. *Annals of Botany*. 102(5): 675-684.

-
- Cawoy, V. et al. (2009). Floral biology of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 3(1): 1-9.
 - Dafni, A. et al. (2010). *Bombus terrestris*, pollinator, invasive and pest: An assessment of problems associated with its widespread introductions for commercial purposes. *Applied Entomology and Zoology*, 45(1): 101-113.
 - Doyle, T. et al. (2020). Pollination by hoverflies in the Anthropocene. *Proceedings of the Royal Society B*, 287: 20200508.
 - Drugmand, J. (2020). *Impact des stress thermique et hydrique sur la croissance, la reproduction et la pollinisation de Fagopyrum esculentum et comparaison de la pollinisation chez deux espèces de Fagopyrum*. Master Diplôme, Faculté des sciences, Université catholique de Louvain. Prom.: Quinet, M.
 - Evropský parlament (2021). *Proč ubývá včel a dalších opylovačů?* [online] [27.03.2022]. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20191129STO67758/proc-ubyva-vcel-a-dalsich-opylovacu-info-grafika>
 - Funatsuki, H. et al. (2000). Ripening habit of buckwheat. *Crop Science*, 40(4):1103-1108.
 - GBIF (2022). *Apis Linnaeus*. [online] [27.03.2022]. Dostupné z: <https://www.gbif.org/species/1334757>
 - GBIF (2022). *Bombus Latreille*. [online] [27.03.2022]. Dostupné z: <https://www.gbif.org/species/1340278>
 - GBIF (2022). *Syrphidae*. [online] [27.03.2022]. Dostupné z: <https://www.gbif.org/species/6920>
 - Gerstmeier, D. a Miltenberger, T. (2020). *Ekologické včelaření. Včely na prvním místě*. 1. vydání. Grada Publishing, Praha. ISBN 978-80-271-2015-4.
 - Ghisbain, G. (2021). Are bumblebees relevant models for understanding wild bee decline? *Frontiers in Conservation Science*. 2: 752213.
 - Gondola, I. a Papp, P. P. (2010). Origin, Geographical Distribution and Phylogenetic Relationships of Common Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 4(1): 17-32.
 - Hagiwara, M. et al. (1998). Variability in the Length of Flower Bud Differentiation Period of Common Buckwheat. *Fagopyrum*, 15: 55-64.

-
- Honys, D. (2018). Růst pylové láčky: od opylení k oplození. *Nová Botanika* 1: 9-11.
 - Honys, D. a Honysová, B. (2018). Vývoj pylu: od mikrosporocytu ke zralému pylovému zrnu. [online] *Nová Botanika* [17.2.2022]. Dostupné z: https://www.novabotanika.eu/Rozmnozovani_rostlin_vyvoj_pylu.html
 - Hosnedlová, P. (2018). Včel ubývá. Europoslanci proto vyhlásili další boj proti pesticidům. [online] euractiv [23.03.2022]. Dostupné z: <https://euractiv.cz/section/aktualne-v-eu/news/vcel-ubyva-europoslanci-proto-vyhlasili-dalsi-boj-proti-pesticidum/>
 - Hunt, H. V. et al. (2017). Buckwheat: a crop from outside the major Chinese domestication centre? A review of the archeobotanical, palynological and genetic evidence. *Vegetation History and Archaeobotany*, 27(3): 493-506.
 - Chandler, D. et al. (2019). Are there risk to wild European bumble bees from using commercial stocks of domesticated *Bombus terrestris* for crop pollination? *Journal of Apicultural Research*, 58(5): 665-681.
 - Jacquemart, A.-L. et al. (2007). Floral visitors and the importance of honey bee on buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) in central Belgium. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 82(1): 104-108.
 - Jacquemart, A.-L. et al. (2012). Is buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) still a valuable crop today? *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 6(2): 1-10.
 - Kaffková, K. et al. (2020). *Výběr vhodných opylovatelů minoritních plodin pro semenářskou praxi: certifikovaná metodika*. 1. vydání. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha. ISBN: 978-80-7427-333-9.
 - Klecka, J. et al. (2018). Flower visitation by hoverflies (Diptera: Syrphidae) in a temperate plant-pollinator network. *PeerJ*, 6: e6025.
 - Klerk, P. et al. (2015). Pollen and macrofossils attributable to *Fagopyrum* in western Eurasia prior to the Late Medieval: An intercontinental mystery. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 440:1-21.
 - Koch, J. et al. (2012). Bumble bees of the Western United States. [online] Agricultural Research Service [25.02.2022]. Dostupné z: <https://www.fs.fed.us/wildflowers/pollinators/documents/BumbleBeeGuide-Western2012.pdf>

-
- Lee, J. C. a Heimpel, G. E. (2002). Nectar availability and parasitoid sugar feeding. In: *Proceedings of the 1st international symposium on biological control of arthropods*. Forest Health Technology Enterprise Team Morgantown, West Virginia, 220-225.
 - Mazza, G. a Oomah, B.D. (2003). Buckwheat. In: *Encyclopedia of Sciences and Nutrition*, Caballero, B. (Eds.). Second Edition. Academic Press, Pages: 692-699. ISBN 9780122270550.
 - Moudrý, J. et al. (2005). *Pohanka a proso*. 1. vydání. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha. ISBN 80-7271-162-8.
 - Orford, K. et al. (2015). The forgotten flies: the importance of non-syrphid Diptera as pollinators. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1805): 20142934.
 - Petr, J. a Hradecká, D. (1997). *Základy pěstování pohanky a proso*. 1. vydání. Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, Praha. ISBN 80-7105-141-1.
 - PolyFly, (2017). Pollinating hoverflies. [online] [17.03.2022]. Dostupné z: [Polyfly - Hoverfly pollination](#)
 - Powney, G. D. et al. (2019). Widespread losses of pollinating insects in Britain. *Nature Communications*, 10(1): 1-10.
 - Ptáček, V. (2003). Zpracování nektaru úlovými včelami. *Včelařství*, 56(5): 97.
 - Ptáček, V. (2013). Sezónní cyklus čmeláků. *Včelařství*, 66(2): 73-74.
 - Quinet, M. et al. (2004). Inflorescence structure and control of flowering time and duration by light in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Journal of Experimental Botany*, 55(402): 1509-1517.
 - Racys, J. a Montviliene, R. (2005). Effect of bees-pollinators in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) crops. *Journal of Apicultural Science*, 49(1): 47-51.
 - Real, L. (1983). *Pollination Biology*. 1st Edited. Academic Press, Inc., North Carolina. ISBN 0-12-583980-4.
 - Reckhaus, H.-D., (2017). *Why Every Fly Counts*. 1st Edited. Springer Nature, Cham. ISBN 978-3-319-58764-6.
 - Slomka, A. et al. (2017). Embryological background of low seed set in distylous common buckwheat (*Fagopyrum esculnetum* Moench) with biased morph

ratios, and biostimulant-induced improvement of it. *Crop and Pasture Science*, 68(7): 680-690.

- Šmajstrla, V. a Šmajstrlová-Petrová. (1991). *Pohanka v racionálnej výžive*. 1. vydání. Záhradka, Bratislava. ISBN 80-7105-141-1.
- Veselý, V. (2003). *Včelařství*. 1. vydání. Brázda, Praha. ISBN 80-209-0320-8.
- Wikimedia Commons (2020). *Fagopyrum esculentum Sturm64.jpg*. [online] [07.01.2022]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fagopyrum_esculentum_Sturm64.jpg
- Wu, L.-Y. et al. (2018). Heterostyls promotes compatible pollination in buckwheats: Comparisons of intraflower, intraplant, and interplant pollen flow in distylous and homostylous *Fagopyrum*. *American Journal of Botany*, 105(1): 108-116.
- Wu, L.-Y. et Huang, S. (2018). Insect-pollinated cereal buckwheats: Its biological characteristics and research progress. *Biodiversity Sciences*, 26(4):396-405.
- Yamane, K. et al. (2003). Intraspecific cpDNA variations of diploid and tetraploid perennial buckwheat, *Fagopyrum cymosum* (Polygonaceae). *American Journal of Botany*, 90(3):339-346.
- Yasui, Y. et al. (2012). S-LOCUS EARLY FLOWERING 3 Is Exclusively Present in the Genomes of Short-Styled Buckwheat Plants that Exhibit Heteromorphic Self-Incompatibility. *PloS one*, 7(2): e31264.
- Yasui, Y. a Ohnishi, O. (1998). Interspecific relationships in *Fagopyrum* (Polygonaceae) revealed by the nucleotide sequences of the *rbcL* and *accD* genes and their intergenic region. *American Journal of Botany*, 85(8): 1134-1142.

Seznam obrázků

Obrázek 1.1: Rozšíření divokých předků pohanky. Červená oblast představuje rozšíření předků pohanky tatarské a fialová oblast rozšíření předků pohanky obecné (Hunt et al., 2017)

Obrázek 1.2: Předpokládané šíření některých volně žijících druhů z rodu *Fagopyrum* (Ohnishi, 1998, Tsuji 1999, Li Anjen et al. 2003, Klerk et al., 2015)

Obrázek 1.3: Pěstování pohanky seté ve světě (FAO 2014), (Wu a Huang, 2018)

Obrázek 1.4: Rostlina pohanky seté (Wikimedia Commons, 2020)

Obrázek 1.5: Květy Thrum a Pin (Gondola a Papp, 2010)

Obrázek 1.6: Nažky pohanky seté: (d) nezralá a (e) zralá semena (Drugmand, 2020)

Obrázek 1.7: SI kompatibilita u pohanky seté (Gondola a Papp, 2010)

Obrázek 1.8: Makroskopický pohled na růstový vrchol pohanky seté (Cawoy et al., 2009)

Obrázek 1.9: Histologický podélný řez růstovým vrcholem pohanky seté (A) 11 dní a (B) 18 dní starým (Quinet, 2004)

Obrázek 1.10: Konec kvetení u květenství pohanky seté (Cawoy et al., 2009)

Obrázek 1.11: Histologický podélný řez posledními třemi květy pohanky seté v květenství (Quinet et al., 2004)

Obrázek 1.12: Morfologie nektarových tkání A) pohled na květu typu Thrum, B) pohled shora na 8 žlutých nektarií, C) makroskopický pohled na nektaria s trichomy (Cawoy et al., 2008)

Obrázek 1.13: Histologie nektarových tkání pohanky seté D) podélný řez hákovitými nektarii, E) podélný řez nektariem s epidermis z jednobuněčných sekrečních trichomů, F) příčný řez nektariem s trichomy po celé šířce ventrální plochy nektaria, K) podélný řez květu s cévním svazkem (VB), subnektarovým parenchymem (CP) a nektarovým parenchymem (NP) (Cawoy et al., 2008)

Obrázek 1.14: Produkce nektaru pohanky seté v závislosti na čase po začátku svícení v růstových komorách. Hvězdičky označují významné rozdíly mezi rostlinami hmyzu volně přístupnými a rostlinami v klecích. (Lee a Heimpel, 2004)

Obrázek 1.15: Produkce nektaru pohanky v závislosti na čase po začátku svícení v růstových komorách Bílé čtverečky – nektar z květů typu Thrum, černé čtverečky – nektar z květů typu Pin (Cawoy et al., 2006)

Obrázek 1.16: Mikrosporogeneze pohanky seté. A) mikrosporocyty, B) pylová tetráda (Slomka et al., 2017)

Obrázek 1.17: Trojjaderné pylové zrna pohanky seté (Slomka et al., 2017)

Obrázek 1.18: Pylová zrna pohanky seté (vlevo) a tatarské (vpravo) (Klerk et al., 2015)

Obrázek 1.19: Klíčící pyl na stigmatu pohanky, pyl uvnitř trubky (j) a uvnitř vajíčka (k – šipka) (Slomka et al., 2017)

Obrázek 1.20: Výskyt včely medonosné mezi roky 2000–2020 (GBIF, 2022)

Obrázek 1.21: Včelí pyl pohanky seté (Bryndza et al., 2015)

Obrázek 1.22: Variabilita tvaru včelího pylu pohanky seté (Bryndza et al., 2015)

Obrázek 1.23: Homogenita pylových zrn pohanky seté (Bryndza et al., 2015)

Obrázek 1.24: Výskyt čmeláků mezi roky 2000–2020 (GBIF, 2022)

Obrázek 1.25: Výskyt pestřenkovitých mezi roky 2000–2020 (GBIF, 2022)

Obrázek 1.26: Vztahy mezi chlupatostí a ukládáním pylu při jedné návštěvě u pestřenek (modře), včel (oranžově) a jiných dvoukřídlých (šedě) (Doyle et al., 2020)

Obrázek 1.27: Potravní vzdálenost a počet letů pestřenek (modře), blanokřídlých (oranžově) a motýlů (šedě) (Doyle et al., 2020)

Obrázek 1.28: Úroveň potravinové specializace pestřenek (Klecka et al., 2018)

Obrázek 1.29: Vliv druhových znaků květů na návštěvu pestřenek (Klecka et al., 2018)

Obrázek 1.30: Změny ve výskytu (95 % interval spolehlivosti) mezi hlavními skupinami opylovatelů, včelovití -modrá a pestřenkovití -oranžová Červené kruhy - roky s výrazným poklesem, zelené trojúhelníky - roky s nárůstem (Powney et al., 2019)

Obrázek 1.31: Pylové zatížení jednotlivých druhů hmyzu (Orford et al., 2015)

Obrázek 3.1: Fotomapa lokality pokusu (ČÚZK, 2022)

Obrázek 3.2: Včelstva v okolí pokusu, červený trojúhelník místo pokusu, žluté trojúhelníky registrovaná včelstva (ČÚZK, 2022)

Obrázek 3.3: Založený polní pokus se třemi odrůdami pohanky seté (zprava odrůdy: Zita, Zoe, Zamira) (Nolč, 2021)

Obrázek 3.4: Volná a zakrytá část pohanky seté

Obrázek 3.5: Stupnice množství nektaru ze 4 květů

Seznam tabulek

Tabulka 1.1: Významné rozdíly v morfologii květu mezi pohankou setou a tatarskou (Wu et al., 2018)

Tabulka 3.1: Převodová tabulka množství nektaru

Tabulka 4.1: Odrůdy pohanky volně přístupné hmyzu (průměr ± směrodatná odchylka)

Tabulka 4.2: Odrůdy pohanky zakryté sítí proti hmyzu (průměr ± směrodatná odchylka)

Tabulka 4.3: Množství produkovaného nektaru (μl / květ) 3 odrůd pohanky seté u volně přístupného porostu a zakrytého proti opylovatelům

Tabulka 4.4: Zaznamenané druhy hmyzu s celkovým počtem návštěv na květech pohanky

Seznam grafů

Graf 4.1: Průměrná produkce nektaru jednotlivých odrůd (průměr ± směrodatná odchylka)

Graf 4.2: Průměrná produkce nektaru u zakrytých a nezakrytých rostlin v μl na květ (průměr ± směrodatná odchylka)

Graf 4.3: Průměrná produkce nektaru v μl ve sledovaných hodinách (průměr ± směrodatná odchylka)

Graf 4.4: Objem nektaru (μl) u zakrytých a nezakrytých rostlin pohanky ve vybraných hodinách (průměr ± směrodatná odchylka)

Graf 4.5: Produkce nektaru v μl u jednotlivých odrůd mezi 9–11 hod (průměr ± směrodatná odchylka)

Graf 4.6: Procentické zastoupení opylovatelů na květech pohanky

Graf 4.7: Počet zaznamenaných návštěv včel a včelovitých v monitorovaných hodinách (průměr ± směrodatná odchylka)

Graf 4.8: Počet zaznamenaných návštěv pestřenkovitých a ostatních dvoukřídlých v monitorovaných hodinách (průměr ± směrodatná odchylka)

Graf 4.9: Křivka návštěv pohankových květů včelami v dopoledních hodinách v pěti dnech odběru nektaru

Graf 4.10: Křivka hladiny nektaru v dopoledních hodinách v pěti dnech odběru nektaru

Graf 4.11: Délka slunečního svitu (hod) ve dnech odběru nektaru (Archiv počasí, 2022)

Graf 4.12: Srovnání návštěv květů pohanky seté včelami a pestřenkami v pěti dnech odběru nektaru

Seznam použitých zkratek

apod. – a podobně

atd. – a tak dále

HTN – hmotnost tisíce nažek

mg – miligram

μm – mikrometr

μl – mikrolitr

obr. – obrázek

PM – pylová mitóza

tab. – tabulka

Přílohy:



Pestřenka pruhovaná
(*Episyrphus balteatus*)



Včela medonosná
(*Apis mellifera*)



Kuklice dvoubarvá
(*Cylindromyia bicolor*)



Masařka obecná
(*Sarcophaga carnaria*)



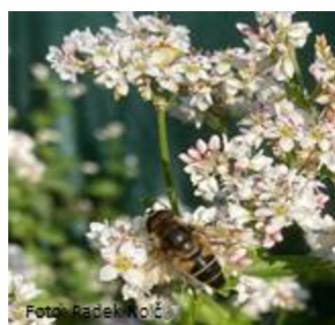
Pestřenka rybízová
(*Syrphus ribesii*)



Jízlivka obecná
(*Eumenes pedunculatus*)



Pestřenka prosvítavá
(*Volucella pellucens*)



Pestřenka trubcová
(*Eristalis tenax*)



Kuklice červenonohá
(*Tachina fera*)



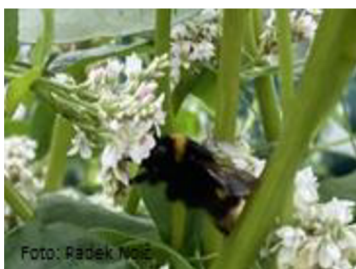
Hedvábnice řebříčková
(*Colletes similis*)



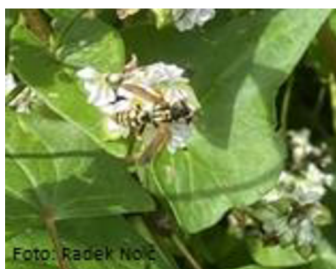
Čmelák úhorový
(*Bombus ruderarius*)



Babočka sítkovaná
(*Araschnia levana*)



Čmelák zemní
(*Bombus terrestris*)



Vosík francouzský
(*Polistes gallicus*)



Pestřenka černonosá
(*Helophilus pendulus*)



Pestřenka psaná
(*Sphaerophoria scripta*)



Okáč prosíčkový
(*Aphantopus hyperanthus*)



Moucha domácí
(*Musca domestica*)



Bzučivka zlatá
(*Lucilia caesar*)



Přástevník kostivalový
(*Euplagia quadripunctaria*)



Modrásek krušinový
(*Celastrina argiolus*)



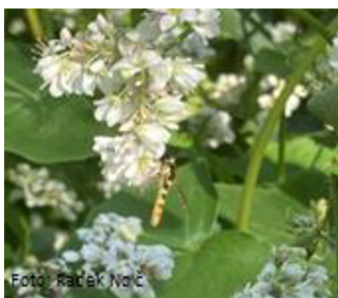
Tesařík ozbrojený
(*Leptura maculata*)



Páteříček žlutý
(*Rhagonycha fulva*)



Pestřenka hrušňová
(*Scaeva pyrastris*)



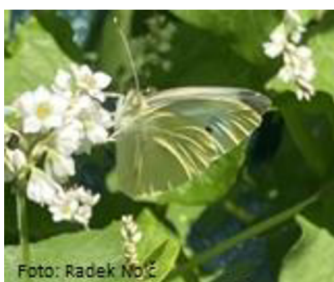
Pestřenka psaná
(*Sphaerophoria scripta*)



Mravenec černolesklý
(*Lasius fuliginosus*)



Slunéčko východní
(*Harmonia axyridis*)



Bělásek řepový
(*Pieris rapae*)



Vrbař uhlazený
(*Clytra laeviuscula*)



Tesařík obecný
(*Stictoleptura rubra*)

Evidence opylovatelů pohanky seté 2021

Datum / počasí	5.07.2021 / polojasno 15 - 22 °C					10.07.2021 / jasno 11 - 26 °C					11.07.2021 / polojasno, oblačno 14 - 22 °C					16.07.2021 / jasno 13 - 27 °C					17.07.2021 / oblačno 17 - 25 °C					18.07.2021 / polojasno, oblačno 16 - 26 °C					19.7.2021 / polojasno, 12 - 25 °C					20.7.2021 / oblačno 11 - 21 °C						
Interval sledování / hod	9:00-9:10	10:00-10:10	11:00-11:10	12:00-12:10	14:00-14:10	9:00-9:10	10:00-10:10	11:00-11:10	12:00-12:10	14:00-14:10	9:00-9:10	10:00-10:10	11:00-11:10	12:00-12:10	14:00-14:10	9:00-9:10	10:00-10:10	11:00-11:10	12:00-12:10	14:00-14:10	9:00-9:10	10:00-10:10	11:00-11:10	12:00-12:10	14:00-14:10	9:00-9:10	10:00-10:10	11:00-11:10	12:00-12:10	14:00-14:10	9:00-9:10	10:00-10:10	11:00-11:10	12:00-12:10	14:00-14:10	9:00-9:10	10:00-10:10	11:00-11:10	12:00-12:10	14:00-14:10		
Včela medonosná	12	18	18	18	11	20	22	26	23	14	22	23	25	20	15	25	33	33	29	19	24	30	22	16	11	27	37	34	25	18	26	35	31	26	15	24	28	25	18	13		
Čalounice obecná		3	3	3	3		3	3	3			3	3	3	2		3	2	2	2		2	2	2	2		2	2	2		2	2	1	1		1	2	1				
Hedvábnice řebříčková	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	3	3	2	1	1	1	1	1		
Kutík dřevní							1	2	1	1		1		2	1																								1	1		
Vosík francouzský							2	2	2	1		2	1	1								1	1	1	1															1	1	
Pestřenka pruhovaná	4	8	12	12	13	6	6	12	12	15	8	12	10	12	10	6	13	15	15	15	11	16	16	14	12	8	10	10	8	8	9	11	10	10	10	12	12	14	15	14		
Pestřenka trubcová	1	1	1	1	1	3	3	2	3	3	3	2	3	2	2	2	4	3	4	4	4	3	4	3	4	3	2	3	4	3	4	3	4	3	4	3	2	4	4	4	3	
Pestřenka rybízová		1	1	1	1		2	2	2	2	2	2	3	3	2	3	2	4	3	3	3	4	3	4	3		2	1	2	2		2	2	2	2		1	2	2	1		
Pestřenka černonosá																1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	1	2	2	3	3	1	
Pestřenka hrušňová																2	1	2	1	2		1	2	1	2		1	1	2	1		1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	
Pestřenka prosvitavá																																										
Pestřenka psaná						2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	2	2	2	1	3	2	2	2	2	2		2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	1		
Jídlivka obecná																																										
Moucha domácí		3	3	2	2	2	3	2	2	3	3	2	2	3	2	2	3	3	3	1	3	2	2	2	3	1	2	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	
Bzučivka zlatá		2	2	2	1	2	4	3	3	1	2	1	2	1	2	3	3	3	2	1	2	2	2	2	2		2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1		
Masařka obecná		1	1	1	1	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	1	1	2	1	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	1		
kuklice dvoubarvá																																										
kuklice červenonohá																																										
Páteříček žlutý																																										
Vrbaň uhlašený	1	1	1	1	1																																					
Mraveneček černoleský		5	5	6	6	8	12	8	7	8	5	8	6	10	8	5	4	6	7	6	4	4	5	5	6	5	5	6	8	8	6	7	6	6	5	5	4	5	5	4		
Modrásek krušínový																																										
Bělásek řepový									1	1	1					1	1	1																								
Přástevník kostivalový																																										
Okáč prosičkový																																										
Babočka sítkovaná																																										
Čmelák úhorový																																										
Čmelák zamní						1	1	1	1			1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	2	1	3	3	1	3	5	5	5	3	4	5	5	4		
Tesařík obecný											1	1	1	1	1	1	2	2	2	2																						
Tesařík ozbrojený																																										
Sluněčko východní						1	1																																			
sluněčko z Asie																1	1	1	1																							

Datum / pořadí / Interval sledování / hod	15.08.2021 / poločasno 14-31°C				21.8.2021 / jasno 12-27°C				22.8.2021 / poločasno 12-22°C				28.8.2021 / poločasno 11-17°C							
	9:30- 10:10	10:00- 10:10	11:00- 11:10	12:00- 12:10	14:00- 14:10	9:30- 10:10	10:00- 10:10	11:00- 11:10	12:00- 12:10	14:00- 14:10	9:30- 10:10	10:00- 10:10	11:00- 11:10	12:00- 12:10	14:00- 14:10	9:30- 10:10	10:00- 10:10	11:00- 11:10	12:00- 12:10	14:00- 14:10
Včelár medonosná	30	35	29	25	9	32	35	36	30	9	24	30	31	25	6	20	25	22	23	5
Čajounice obecná	3	2	2	3			3	2	3		3	2	3	2	2		2	2	2	
Hedvičnice řebříčková	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	1	2	1			1	2	1	
Kutík dřevní		1	2	2			1	1												
Vosk francouzský		1	1	1			1	1												
Pestřenka pruhovaná	8	8	8	8	8	10	10	12	12	10	8	8	12	12	10	8	9	10	10	8
Pestřenka trubcová	3	3	4	5	4	3	4	5	4	4	3	5	4	4	5	2	2	2	2	2
Pestřenka ryhovaná	4	2	3	3	5	2	3	3	5	3	3	3	5	4	4	2	1	2	2	2
Pestřenka černonosá	3	3	3	4	4	3	3	4	4	4	3	4	4	4	2	3	2	2	3	3
Pestřenka huňstvá	2	5	4	4	5	5	4	4	5	5	4	4	5	5	2	3	3	3	3	3
Pestřenka prosivitavá		1	1	1	1		1	1	1											
Pestřinka psaní	4	5	5	6	5	4	5	5	5	2	3	4	5	5	5	3	3	4	3	3
Jilvka obecná																				
Moucha domáčí	2	3	3	3	4	3	3	4	2	3	1	2	2	3	3	1	2	2	2	3
Bučkova žláza	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	1	1	2	1	1	1	2	2	2	1
Masáříka obecná	2	3	3	3	2	3	3	2	2	3	1	2	2	3	3	1	2	3	3	3
Kulice dlouhobvá																				
Kulice červenonohá	2	3	3	3	2	3	3	2	2	3	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Patriček žlutý																				
Vhář uhlízaný																				
Mravenec černolaský																				
Modřásek krušňový																				
Bíláček pový																				
Přásteník kostivalový								1	1	1										
Okáč prosivkový		1	1	2	2															
Babočka síťovaná							1	1	1											
Čmelák uhrový																				
Čmelák zemní							1	1	1											
Teařík obecný																				
Teařík obrovitý																				
Sluníčko východní																				
Sluníčko západní																				